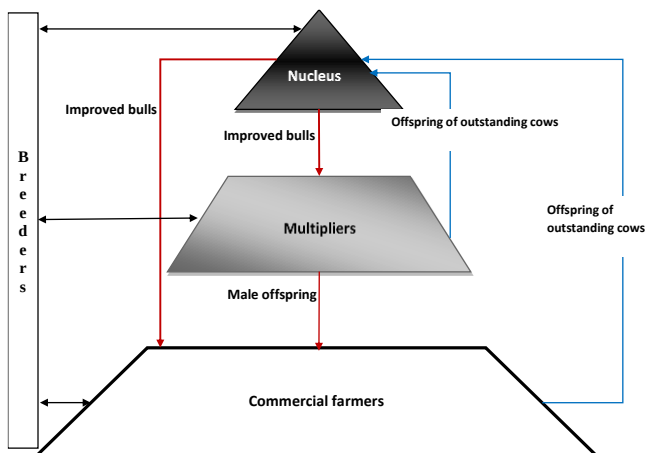


Analyse sociotechnique et organisationnelle du programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal

Socio-technical and organizational analysis of the N'Dama cattle-breeding program in Senegal



Younouss CAMARA

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

Année académique 2019-2020



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

Analyse sociotechnique et organisationnelle du programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal

**Socio-technical and organizational analysis of the N'Dama cattle-breeding program in
Senegal**

Younouss CAMARA

**Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de
Docteur en sciences vétérinaires**

Année académique 2019-2020

Thèse financée par le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest



Avec le soutien de Wallonie-Bruxelles International



**Wallonie - Bruxelles
International.be**

Remerciements

Bien vrai que la thèse est définie d'abord comme un travail individuel, je suis profondément d'accord qu'elle ne peut être réalisée que dans le cadre d'un processus collectif. Je remercie toutes ces personnes qui avaient contribué à la construction de la méthodologie et, avec leurs échanges enrichissants, cette thèse a pu être menée à terme : mes collègues du CRZ pour leur participation aux enquêtes réalisées, les élèves pour leur disponibilité et leur participation à la compréhension de certaines questions et phénomènes sociaux, l'équipe d'encadrement au Sénégal et au comité de thèse en Belgique pour le suivi rapproché et les remarques tout au long de ce travail. Les discussions et les échanges avec chacun de vous ont été des facteurs de remise en question pour moi et m'ont permis de me dévêtir de mes aprioris pour une meilleure compréhension de la problématique.

Des personnes sont à remercier particulièrement :

A **Nicolas Antoine-Moussiaux**, Mon promoteur. Ces quatre années de travail avec toi ont été exaltantes pour moi dans le sens qu'on ne tombe pas facilement dans la routine. Chaque jour qui passe, j'apprenais des nouvelles choses à tes côtés. Cela n'a pas été de tout facile pour moi au début. Il me fallait assimiler toutes ces nouvelles approches, comprendre ta méthodologie, ta ligne éditoriale, en gros te comprendre. Contrairement à mes prédécesseurs, je n'ai pas eu la chance d'être un de tes étudiants dans le cadre d'un master, alors pour mieux apprendre de toi, je n'hésitais pas à t'envoyer des réflexions moins élaborées (je suis désolé au passage de ce que cela a créé comme désagréments et émotions). Tu resteras une école pour moi qui continuera à m'inspirer. Parallèlement à cette thèse et sachant qu'elle est jalouse et de toute autre activité, tu as voulu, sans ménager tes efforts, m'accompagner dans l'exécution d'un autre projet au Sénégal financé par WBI. Merci NAM pour toute la confiance !

A **Frédéric Farnir**, mon co-promoteur. Tu as été ma porte d'entrée dans cette faculté. Tu as compris très tôt que la problématique de la thématique que je vous ai envoyée comme projet de thèse va au-delà d'une simple analyse génétique. Tu m'as ainsi proposé la bonne personne capable de m'accompagner dans cette aventure. Par tes éclairages et tes conseils tu as contribué énormément à ce travail de recherche. Merci !

A **Jean-Luc Hornick** et **Johann Detilleux**, membres du comité de thèse. Je vous remercie très sincèrement d'avoir accepté d'être membre de mon comité de thèse et d'avoir pris votre temps précieux pour corriger chaque étape de ce travail. Votre retour nous a permis d'améliorer ce document. Trouvez ici toute ma gratitude.

A **Nassim MOULA**, merci pour l'accompagnement, les conseils et le temps que tu m'as consacré pour la réalisation de ce travail. Ce travail est aussi le tien.

Aux membres du jury. Nous vous remercions d'avoir accepté de juger ce travail et d'avoir fait le déplacement pour assister à notre défense.

A **Mohamadou Moustapha Sissokho**, ami et mentor. Depuis 2009, année de mon arrivée au CRZ de Kolda, tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager dans les moments d'incertitude, de découragement et de questionnement. Encore une fois par ta grande humilité, tu as accepté de m'accompagner dans cette thèse. Et d'autres encore que ces simples lignes ne peuvent exprimer. Merci grand Sissokho.

A **Mame Nahé Diouf**. Nous sommes reconnaissant de ta présence pour la défense publique. Tu fais partie de ces femmes chercheuses qui inspirent la nouvelle génération. L'efficacité dans la discrétion. Merci beaucoup Mame !

Et enfin mes compagnons de route d'abord les pionniers de Nicolas : Issa, Seyni et Kisito et ensuite mes compagnons actuels : Benoît, Fafa, Josiane la grande royale, Francis, Victor, Ouatif, Madi, Abdoulaye, Marilyne et Abhi pour tous ces moments agréables passés ensemble. Nos échanges ont grandement contribué à l'élaboration de ce travail.

A mon épouse Fatou
et à mes enfants Mouhammad et Shaymae Néné,
pour votre patience
A ma mère et à la mémoire de mon père

« *Connais-toi toi-même* » et « *Rien de trop* »

Maximes Delphiques

Liste des abréviations

AIC: Akaike Information Criterion

AnGR: Animal Genetic Resources

ANSD : Agence Nationale de la statistique et de la Démographie

AU-IBAR : Bureau de l'Union Africaine des Ressources Animales

BAD : Banque Africaine de Développement

BLUP: Best Linear Unbiased Prediction

CBBP : Community-based breeding programs

CBOGIL : Community-based organizations for the genetic improvement of livestock

CCMD/BRE : Centre de Conservation et de multiplication du bétail ruminant endémique de Médina Diassa

CASE N'Dama : Coopérative des Agroéleveurs Sélectionneurs de la N'Dama

CRZ: Centre de Recherche Zootechnique

FAO: Food and Agriculture Organisation

FCA : Factorial correspondence analysis

GILMA : Gambian Indigenous Livestock Multiplier Association

GQM : Gain Quotidien Moyen

GTM : Grounded Theory Method

HCPC : Hierarchical Clustering on Principle Components

ILRI : International Livestock Research Institute

ISRA : Institut Sénégalais de Recherche Agricole

ITC : International Trypanotolerance Center

MEPA : Ministère de l'Elevage et des Productions Animales

NARS : National Agriculture research service

OMPI : Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle

ONDY: Opération N'Dama de Yanfolila

ONG: Organisation Non Gouvernementale

OPEP-FID : Organisation des pays exportateurs de pétrole

PAT : Poids à Age Type

PCA : Principal Component Analysis

PNDE : Plan National de Développement de l'Elevage

PRA : Participatory Rural Appraisal

PROCORDEL : PROgramme de COncertation de Recherche-Développement sur l'ELevage en Afrique de L'Ouest

PROGEBE : Projet de Gestion durable du Bétail ruminant Endémique

PSE : Plan Sénégal Émergent

SAGNO : Système d'Amélioration Génétique à Noyau Ouvert

UBT : Unité Bétail tropical

UE : Union Européenne

UNPD : United Nations Development Program

USAID : United States AID

Composition du jury

Benjamin DEWALS (Université de Liège, Belgique).....	Président du jury
Pascal LEROY (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Jean-François CABARAUX (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Philippe LEBAILLY (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Marc PONCELET (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Gregoire LEROY (FAO, Rome, Italie).....	Membre du jury
Philippe LECOMTE (Pensionné, CIRAD).....	Membre du jury
Jonann DETILLEUX (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Comité de Thèse
Jean-Luc HORNICK (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Comité de Thèse
Frédéric FARNIR (Université de Liège, Belgique).....	Co-promoteur
Nicolas NTOINE-MOUSSIAUX (Université de Liège, Belgique).....	Promoteur

Table des matières

Remerciements	iv
Liste des abréviations.....	viii
Résumé	xvii
Abstract.....	xx
Avant-propos	xxiii
Introduction générale et contexte	2
1. Élevage dans les pays en développement.....	2
1.1. Rôle économique, culturel et social de l'élevage dans les pays en développement	2
1.2. Rôles dans les systèmes agricoles et effets sur l'environnement	2
2. Systèmes d'élevages rencontrés dans les pays en développement.....	3
2.1. Système basé sur l'exploitation des pâturages.....	3
2.2. Systèmes agricoles mixtes.....	4
2.3. Systèmes industriels.....	4
3. Ressources zoogénétiques dans les pays en développement.....	4
3.1. Productivité des ressources génétiques animales dans les pays en développement	4
3.2. Diversité des ressources génétiques animales	5
4. Menaces sur la diversité des ressources génétiques animales.....	6
4.1. Menaces socio-économiques	6
4.2. Menaces liées à l'environnement et aux catastrophes naturelles.....	7
4.3. Menaces consécutives à l'amélioration génétique	8
5. Place de l'amélioration génétique dans les politiques d'élevage en Afrique	9
5.1. Tentatives d'amélioration génétique en Afrique	9
5.2. Cadre réglementaire de l'amélioration génétique au Sénégal.....	10
6. Durabilité des programmes d'amélioration génétique.....	11
6.1. Inadéquation avec les objectifs des éleveurs.....	12
6.2. Ressources financières insuffisantes	12
6.3. Stratégies de sélection non adaptées et faible implication des éleveurs	13
7. Objectifs et questions de recherche.....	14
7.1. Objectifs de la recherche	14
7.2. Questions de recherche	15
8. Méthodologie d'étude.....	16
8.1. Terrain d'étude : zones, interventions et populations concernées.....	16
8.2. Approche méthodologique.....	18
8.2.1. Approche bibliographique comparative.....	18

8.2.2.	<i>Approche basée sur le relevé des pratiques et des caractéristiques objectives</i>	18
8.2.3.	<i>Approche basée sur le discours des éleveurs</i>	19
8.2.4.	<i>Approche axée sur les concepteurs des programmes de sélection et les experts en élevage</i>	19
8.2.5.	<i>Approche basée sur la perception des éleveurs sur l'implication des parties prenantes du programme de sélection du bovin N'Dama</i>	20
	Références	21
	Chapitre I. Programmes de sélection du bovin N'Dama en Afrique de l'Ouest : Cas du Sénégal, du Mali et de la Gambie	31
	Résumé	32
1.	Introduction	33
2.	Matériels et méthodes	34
2.1.	<i>Collecte des informations</i>	34
2.2.	<i>Analyse des informations collectées</i>	34
3.	Description phénotypique et particularité génétique du bovin N'Dama	34
4.	Amélioration génétique du bovin N'Dama au Sénégal	36
4.1.	<i>Objectifs du programme</i>	36
4.2.	<i>Schémas de sélection</i>	36
4.3.	<i>Processus et critères de sélection</i>	38
4.4.	<i>Implication des éleveurs dans le programme</i>	39
5.	Amélioration génétique du bovin N'Dama au Mali	40
5.1.	<i>Objectifs du programme</i>	40
5.2.	<i>Schéma de sélection</i>	40
5.3.	<i>Critères de sélection</i>	41
5.4.	<i>Implication des éleveurs dans le programme</i>	41
6.	Amélioration génétique du bovin N'Dama en Gambie	42
6.1.	<i>Objectifs du programme</i>	42
6.2.	<i>Schéma de sélection</i>	43
6.3.	<i>Critères de sélection</i>	44
6.4.	<i>Implication des éleveurs dans le programme</i>	44
7.	Discussion	46
7.1.	<i>Objectifs de sélection</i>	46
7.2.	<i>Stratégies de sélection</i>	46
7.3.	<i>Implication des acteurs</i>	47
7.4.	<i>Points saillants de la comparaison</i>	48
	Conclusion	50
	Références	51

Analysing innovations among cattle smallholders to evaluate the adequacy of breeding programs.....	57
Abstract.....	57
Implications.....	58
Introduction	59
1. Material and methods	61
1.1. Overall approach	61
1.2. Study area	61
1.3. Sampling	61
1.4. Data collection	61
1.5. Statistical analysis	62
2. Results	63
2.1. Technical and institutional innovations	63
2.2. Livestock keeping objectives and pathways	66
2.3. Relationship between innovations and livestock objectives	67
2.4. Hierarchical classification of innovators	68
3. Discussion.....	70
3.1. Methodological contribution to breeding program evaluation	70
3.2. Innovations and objectives	70
3.3. Ongoing genetic improvement strategies and demand for N'Dama sires	72
Conclusion.....	73
References	74
Determinants of breeders' participation to an indigenous cattle breeding program.....	79
Abstract.....	79
Introduction	80
1. Material and methods	83
1.1. Study area	83
1.2. Sampling and data collection	83
1.3. Data analysis.....	85
1.3.1. Content analysis of narratives.....	85
1.3.2. Statistical analysis of questionnaire data	85
2. Results and discussion.....	86
2.1. Congruence with breeders' objectives, main motive for participation	86
2.2. The ambiguous role of social bonds	87
2.3. Institutional roots of trust and program's outreach.....	89
2.4. Competition, conflicts and power relationships	90

3. Methodological insights	95
4. Highlight: a matter of trust	95
Conclusion	97
References	98
Stakeholder involvement in cattle-breeding program in developing countries: a Delphi survey.	104
Abstract	104
Introduction	106
1. Material and methods	108
1.1. Principle and process of a Delphi survey	108
1.2. Data collection	108
1.2.1. Recruitment of experts	108
1.2.2. Two rounds of data collection	109
1.3. Data analysis.....	109
1.3.1. Statistical analysis	109
1.3.2. Textual and citation rate analysis of roles.....	110
1.3.3. Typological analysis	110
2. Results	111
2.1. Stakeholders cited by the experts	111
2.2. Consensus and divergence about stakeholders' involvement	112
2.3. Researchers' opinions vs. development professionals' opinions	112
2.4. The stakeholders' roles.....	114
2.5. Typological analysis of stakeholders and roles	117
2.6. Typologies of stakeholders	118
3. Discussion	119
3.1. Diversity of stakeholders	119
3.2. Central stakeholders and relative importance of roles.....	120
3.3. Interaction between stakeholders.....	122
Conclusion	124
References	125
Farmers' perception on the roles and involvement of livestock stakeholders in an indigenous cattle-breeding program	131
Abstract	131
1. Material and methods	133
1.1. Study area	133
1.2. Sampling and data collection	133

2.2. Data analysis.....	134
2. Results	135
2.1. Actors in the farmers' area	135
2.2. Interventions livestock actors to the farmers' area	135
2.3. Livestock actors' impacts	135
2.4. Stakeholders' roles in the breeding program	136
3. Discussion.....	138
3.1. Farmers' perception of the role of livestock services	138
3.2. Farmers' perception of the role of NGOs.....	138
3.3. Farmers' perception of the roles of research and breeders association.....	139
3.4. Farmers' perception on the interaction between stakeholders	139
3.5. Farmers' perception is framed by trust and relationships	140
Conclusion.....	140
References	141
Discussion générale.....	145
1. Retour sur la démarche méthodologique.....	145
2. Intérêt et limite de la méthode	146
3. Objectifs des éleveurs	147
4. Innovations et amélioration génétique	149
5. Parties prenantes et modes d'organisation.....	151
Conclusion générale et perspectives	154
1. Conclusion générale	154
2. Perspectives.....	155
Références	157

Résumé - Abstract

Résumé

L'élevage contribue directement aux moyens d'existence de millions des personnes à travers le monde en général et dans le monde rural pauvre en particulier. Dans les pays en développement, il représente de ce fait une activité économique importante de génération de revenu ou de trésorerie, de capitalisation et d'assurance. Dans ces pays, il est considéré comme une activité multifonctionnelle. Il n'est pas seulement une activité à vocation marchande. Au-delà de son rôle direct dans la production d'aliments et de revenus, le bétail constitue une réserve de richesse, une garantie pour l'accès au crédit et un filet de sécurité essentiel en temps de crise. La diversité des ressources génétiques animales rencontrées dans ces pays en développement participent grandement à la satisfaction des objectifs des éleveurs et de développement local. Toutefois, les évolutions de ces dernières années conduisent à des changements parfois rapides dans les systèmes de production et les races animales et menaçant la biodiversité. Pour lutter contre ces risques et améliorer la productivité des races locales, des programmes d'amélioration génétique ont été initiés en Afrique. Dans beaucoup des pays concernés, tous à faibles et moyens revenus, ils constituaient une des composantes des politiques du secteur de l'élevage, dominé par des systèmes dits « à faibles niveaux d'intrants ». Malheureusement, ces programmes d'amélioration génétique se caractérisent par leur courte durée de mise en œuvre et, pour la plupart, leur échec ou leur succès très relatif.

Beaucoup d'études génétiques ou économiques se sont ainsi portées sur l'analyse de ces programmes afin d'en caractériser les résultats succès ou échec, et parfois comprendre les causes d'échecs. Elles ont abouti à des conclusions intéressantes sur lesquelles nous avons construit notre hypothèse de recherche. Elles restent cependant limitées par le fait qu'elles se sont généralement focalisées sur un seul aspect technique du problème (évaluation génétique ou analyse des objectifs de sélection) au lieu de considérer les multiples composantes du programme de sélection. Elles ont par ailleurs, pour la plupart, utilisé des données récoltées sur de courtes périodes. Notre approche part de l'hypothèse que, pour comprendre la problématique de pérennisation de ces programmes, il faut procéder à une analyse multidisciplinaire du processus d'amélioration génétique des systèmes à faible niveau d'intrants (ses objectifs, sa conception, son développement et l'implication des parties prenantes). Cette analyse propose ainsi de considérer la pérennité du programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal comme reposant sur différents prérequis intégrant l'inclusion de la génétique parmi d'autres innovations du système agricole, les pratiques et les objectifs des éleveurs, l'implication des parties prenantes et les visions des concepteurs et des éleveurs en lien avec les stratégies développées.

Pour replacer le programme sénégalais de sélection du bovin N'Dama dans un contexte sous régional, notre première étude s'est intéressée à une analyse comparative réalisée entre les programmes de la Gambie, du Mali et du Sénégal. Les résultats ont montré comment les stratégies utilisées ont déterminé les trajectoires empruntées par chacun de ces programmes.

Afin d'analyser les innovations et les objectifs des éleveurs et leur adéquation avec ceux du programme sénégalais de sélection du bovin N'Dama, une enquête a été réalisée dans la zone d'implantation du programme, autour de Kolda en Casamance, auprès de 54 éleveurs. Les résultats indiquent qu'un processus d'intensification est en cours et que l'amélioration génétique, résultant de la sélection de la N'Dama et basée uniquement sur des critères de production, ne répond pas à la demande de l'éleveur. Cependant, les caractères d'adaptation du bovin N'Dama justifient son utilisation dans le cadre de la stratégie de sélection, de reproduction ou du croisement des éleveurs. L'étude tend à montrer un lien entre l'amélioration génétique et d'autres innovations. Elle suggère que le succès d'un programme de sélection dépend de son positionnement adéquat dans l'ensemble des innovations adoptées par les éleveurs.

Dans le but d'approfondir les causes d'adoption d'une innovation génétique, nous avons mené une enquête auprès de 52 éleveurs dans la même zone d'étude en utilisant une méthode mixte combinant l'analyse statistique de données quantitatives et le discours des éleveurs. Les résultats ont mis en évidence la complexité des problèmes sociaux au sein d'un projet de sélection animale face aux déterminants classiques de l'adoption tels que la distance ou les systèmes de production. Ils identifient des leviers d'amélioration cruciaux, à savoir la gestion des droits de propriété des animaux entre la direction du noyau et les éleveurs participants, la légitimité des représentants des coopératives et la mobilisation stratégique des réseaux sociaux des membres.

La problématique d'implication des éleveurs et leurs relations avec les autres parties prenantes soulevées dans l'étude précédente ont ensuite été approfondies en interrogeant les experts en élevage : gestionnaires de programme de sélection des centres de recherche, universitaires, agents de services étatiques de développement. Par la méthode d'enquête Delphi, nous avons recueilli l'opinion des experts sur l'implication et les rôles des parties prenantes dans la pérennisation des programmes de sélection des systèmes d'élevage à faibles intrants des pays en développement. Trente-cinq experts de différents domaines d'activité ont été recrutés, dix-sept ont répondu à nos questions au premier tour et douze au second tour. Au premier tour, les représentants de l'État, les chercheurs et les éleveurs ont souvent été mentionnés, mais les experts ont perçu de manière variable l'importance qui leur était accordée individuellement. Lors du second tour, les experts ont confirmé la nécessité d'impliquer ces parties prenantes. Entre les deux tours, une convergence de vues a été observée sur cette implication, malgré une divergence de point de vue persistante sur les rôles attribués à chaque partie prenante et leur importance relative. Cette diversité de points de vue peut refléter la diversité des origines et des professions des experts ayant répondu au questionnaire. Les professionnels du développement considéraient l'État comme le principal acteur, tandis que les experts issus de la recherche considéraient les éleveurs et les chercheurs comme les principaux acteurs. Exprimée par une analyse typologique, cette divergence de perception des rôles suggère que trois groupes d'acteurs jouent des rôles principaux. Le groupe 1 correspond à la recherche, dont le rôle est de fournir un soutien scientifique à l'évaluation

génétique et économique, ainsi qu'au développement technologique. Le groupe 2, composé de l'État, des ONGs et d'institutions de financement, couvre les rôles en matière de financement, de subvention et de renforcement des capacités. Le groupe 3, comprenant les agriculteurs et leurs organisations, est responsable de la gestion du programme de sélection, des progrès génétiques et de la conservation de la race.

Pour analyser l'implication et les rôles des parties prenantes du programme de sélection du bovin N'Dama dans le contexte du Sénégal, nous avons suscité l'opinion des 52 éleveurs précédemment enquêtés. Cette étude a permis de comprendre les fondements qui déterminent la perception des éleveurs sur les parties prenantes à impliquer dans le programme de sélection. Les résultats ont mis en évidence que cette perception est influencée par l'importance des interventions des acteurs dans l'amélioration des moyens de subsistance des éleveurs. Cependant, les éleveurs considèrent le Centre de Recherche Zootechnique (CRZ) et la Coopérative des Agroéleveurs Sélectionneurs de la N'Dama (CASE N'Dama) comme les principaux acteurs du programme de sélection, malgré leur faible impact perçu par les éleveurs en comparaison de celui des ONGs. Cette perception serait due au fait que ces acteurs sont les initiateurs du programme de sélection. Il serait donc utile, pour un développement durable du programme de sélection, de considérer les parties prenantes qui bénéficient d'une bonne image auprès des éleveurs.

L'ensemble de nos résultats nous permettent d'avancer que les facteurs de pérennisation du programme de sélection du bovin N'Dama dépendent davantage des relations entre les parties prenantes en lien avec les stratégies de sélection développées que dans l'atteinte d'objectifs multiples décrits ici. Ces derniers seraient satisfaits si le programme se repositionne dans la production de géniteurs N'Dama adaptés aux conditions du milieu et capables de répondre aux différents objectifs des différentes catégories d'éleveurs (modernes utilisant le croisement, traditionnels utilisant la N'Dama et intégrateurs utilisant un animal pour la traction dans l'agriculture). Toutefois, au-delà des déterminants économiques ou sociaux qui peuvent influencer la pérennisation du programme de sélection, les changements environnementaux en cours dans la zone et avec comme une des conséquences la dégradation de l'environnement des glossines conduisent à une remise à cause de l'importance du caractère de trypanotolérance de la N'Dama utilisé comme un prétexte d'amélioration génétique et donc de son élevage. Ces mutations environnementales doivent être considérées dans le but de valoriser les avantages comparatifs du bovin N'Dama par rapport aux autres races bovines. Cette option permettrait de pérenniser le programme de sélection et la conservation du bovin N'Dama dans le contexte actuel de changement climatique.

Mots clés : Bovin N'Dama, sélection génétique, innovations, motivations, appropriation, méthodes mixtes

Abstract

Livestock contributes directly to the livelihoods of millions of people around the world in general and in the rural poor in particular. In developing countries, it therefore represents an important economic activity in terms of income generation or cash flow, capitalization and insurance. In these countries, it is considered a multifunctional activity. It is not only a commercial activity. Beyond its direct role in food and income production, livestock constitute a reserve of wealth, a guarantee for access to credit and an essential safety net in times of crisis. Livestock thus constitutes a food bank, social security, a form of hoarding and of social recognition. The diversity of animal genetic resources found in these developing countries contributes greatly to the achievement of livestock farmers' and local development objectives. However, developments in recent years, such as urbanization, economic development and globalization of consumption, as well as scientific and technological developments, are leading to sometimes-rapid changes in production systems, animal breeds, and pose threats to this livestock biodiversity. To combat these threats and improve the productivity of local breeds, genetic improvement programs have been initiated in Africa. In many of the countries concerned, all low- and middle-income countries, they constituted one of the components of livestock sector policies, dominated by so-called "low-input" systems. Unfortunately, all these genetic improvement programs are characterized by their short implementation times and, for the most part, their failure or relative success.

Many genetic or economic studies have thus focused on analyzing these programs in order to characterize their success or failure, and sometimes to understand their causes. These studies have produced interesting results on which we have built our research hypothesis. However, they remain limited by the fact that they have focused mainly on a single technical aspect of the problem (genetic evaluation or analysis of selection objectives) rather than considering all the components of the selection program. Most of them also used data collected over short periods. Our approach is based on the assumption that, in order to understand the issue of sustainability of these programs, it is necessary to carry out a global analysis of the selection process: its objectives, design, development and stakeholder involvement. This analysis thus proposes to consider the sustainability of the N'Dama cattle breeding program in Senegal as being based on different components, such as the inclusion of genetics among the other innovations of the agricultural system, the practices and objectives of livestock farmers, the involvement of stakeholders and the visions of designers and livestock farmers in relation to the strategies developed.

To place the Senegalese N'Dama cattle breeding program in a sub-regional context, our first study focused on a comparative analysis between the Gambia, Mali and Senegal programs. The results showed how the strategies used determined the trajectories followed by each of these programs.

In order to analyze the breeders' innovations and objectives and their adequacy with those of the Senegalese N'Dama cattle selection program, a survey was carried out in the program's implementation

area, around Kolda in Casamance, among 54 breeders. The results indicate that an intensification process is underway and that genetic improvement, resulting from the selection of N'Dama and based solely on production criteria, does not meet the breeder's request. However, the adaptation characteristics of the N'Dama cattle justify their use in the context of the selection, reproduction or crossing strategy of breeders. The study therefore tends to show an interactive link between genetic improvement and other innovations. It suggests that the success of a breeding program depends on its adequate positioning in the set of innovations adopted by breeders.

In order to further evaluate the adoption of a genetic innovation, we conducted a survey of 52 breeders in the same study area to analyze the determinants of their participation in the breeding program using a mixed method combining statistical analysis of collected quantitative data with the breeders' discourse. The results highlighted in particular the complexity of the social problems within an animal breeding project in relation to the traditional determinants of adoption, such as distance or production systems. They identify crucial levers for improvement, namely the management of animal property rights between the core management and participating farmers, the legitimacy of cooperative representatives and the strategic mobilization of members' social networks.

The issue of livestock farmers' involvement and their relations with other stakeholders raised in the previous study were then further explored by interviewing livestock experts: selection program managers from research centers, academics, government development service agents. Through the Delphi survey method, we gathered expert opinion on the involvement and roles of stakeholders in the sustainability of selection programs for low-input livestock systems in developing countries. Thirty five experts from different fields of activity were recruited, seventeen answered our questions in the first round and twelve in the second round. In the first round, government officials, researchers and livestock farmers were often mentioned, but experts' perceptions of the importance attached to them individually varied. In the second round, the experts confirmed the need to involve these stakeholders. Between the two rounds, there was a convergence of views on this involvement, despite a persistent divergence on the roles assigned to each stakeholder and their relative importance. This diversity of perspectives may have reflected the diversity of origins and professions of the experts who responded to the questionnaire. Development professionals considered the State as the main actor, while research experts considered livestock farmers and researchers as the main actors. Expressed through a typological analysis, this divergence in role perception suggests that three groups of actors play key roles. Group 1 corresponds to research, whose role is to provide scientific support for genetic and economic evaluation and technological development. Group 2, composed of the State, NGOs and funding institutions, covers funding, grant and capacity building roles. Group 3, including farmers and their organizations, is responsible for managing the breeding program, genetic progress and breed conservation.

To analyze the involvement and roles of stakeholders in the N'Dama cattle breeding program in the context of Senegal, we asked the 52 farmers previously surveyed for their opinions. This study provided an understanding of the basis for farmers' perceptions of the stakeholders to be involved in the selection program. The results highlighted this perception is influenced by the importance of stakeholder interventions in improving the livelihoods of pastoralists. However, livestock farmers consider the Zootechnical Research Centre (CRZ) and the Cooperative of Breeders of the N'Dama (CASE N'Dama) as the main actors in the selection program, despite the fact that they perceive that these actors have a low impact in their activities alongside NGOs. This perception is because these actors are the initiators of the selection program. It would therefore be useful, for the sustainable development of the selection program, to consider stakeholders who benefit from a good image among livestock farmers.

All our results allow us to argue that the factors for the sustainability of the N'Dama cattle-breeding program should be considered more in the relationships between stakeholders in regard to the selection strategies developed than in the achievement of the multiple objectives described here. The latter would be satisfied if the program repositioned itself in the production of animals adapted to the conditions of the environment and able to meet the different objectives of the different categories of breeders (modern using crossbreeding, traditional using the N'Dama and integrators using an animal for traction in agriculture). However, beyond the economic or social determinants that can contribute to the sustainability of the breeding program, the environmental changes observed in the area, resulting in the degradation of tsetse environment, challenge the trypanotolerance character of the N'Dama as a pretext for genetic improvement and therefore of its breeding. These environmental mutations must be considered in order to enhance the comparative advantages of N'Dama cattle over other breeds of cattle. This option would ensure the sustainability of the breeding program and the conservation of N'Dama cattle in the current context of climate change.

Keywords: N'Dama cattle, genetic selection, innovations, motivations, ownership, mixed method

Avant-propos

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

Le chapitre 1 est une étude bibliographique des programmes de sélection du bovin N'Dama en Afrique de l'Ouest (la Gambie, le Mali et le Sénégal) complétée par des entretiens auprès des acteurs de ces programmes. Cette étude permet de comprendre, par une analyse comparative, les échecs et les réussites des programmes de sélection des systèmes à faibles niveaux d'intrants des pays en développement. Ce chapitre est rédigé en français sous forme d'article prêt à être soumis.

Le chapitre II s'appuie sur les données d'une enquête de terrain pour étudier les innovations et les objectifs des éleveurs et évaluer leur adéquation avec le programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue « **Animal** ».

Le chapitre III étudie les motivations des éleveurs à participer au programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal à travers une analyse mixte des données qualitatives et quantitatives recueillies lors d'une enquête de terrain. Il met en exergue l'importance des déterminants sociaux, culturels, institutionnels ou économiques dans la décision des éleveurs à participer au programme de sélection. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue « **Agronomy for Sustainable Development** ».

Le chapitre IV utilise la méthode Delphi pour étudier la perception des experts en élevage sur l'implication des parties prenantes pour une durabilité des programmes de sélection dans les systèmes à faibles niveaux d'intrants des pays en développement. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue « **Livestock Science** ».

Le chapitre V présente les résultats d'une enquête de terrain. Ce retour sur le terrain étudie la perception des éleveurs sur l'implication des parties prenantes dans le programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal. Il analyse les fondements de cette perception et illustre comment l'opinion des éleveurs se forme différemment de celle des experts étudiée dans le précédent chapitre. Ce chapitre est rédigé en anglais sous forme d'article prêt à être soumis.

Le chapitre VI est consacré à la discussion des résultats saillants en lien avec la problématique et les objectifs de la thèse. Il comprend trois points :

- *Objectifs et implication des éleveurs* : Il s'agit de discuter de l'implication des éleveurs pour la pérennisation du programme de sélection en lien avec leurs objectifs de production ;
- *Innovations et amélioration génétique* : Il est question de discuter ici en quoi l'adéquation des innovations des éleveurs avec ceux du programme de sélection du bovin N'Dama pourrait rendre ce dernier durable ;

- *Les parties prenantes et les modes d'organisation* : Les discussions ont porté d'une part sur les parties prenantes et d'autre part sur les formes de collaboration entre les parties prenantes pour la durabilité des programmes de sélection des systèmes d'élevage à faibles niveaux d'intrants.

Introduction

Introduction générale et contexte

1. Élevage dans les pays en développement

1.1. Rôle économique, culturel et social de l'élevage dans les pays en développement

L'élevage contribue directement aux moyens d'existence de millions des personnes à travers le monde, dont 70% dans le monde rural pauvre (FAO, 2015). Dans les pays en développement, il procure de ce fait une activité économique importante de génération de revenu ou de trésorerie, de capitalisation et d'assurance. Il est organisé tout au long d'une chaîne de valeur qui occupe un milliard trois cents millions de personnes dans le monde et supporte directement les moyens d'existence de 600 millions de petits producteurs pauvres des pays en développement (Thornton, 2010). Dans ces pays, 60% des ménages ruraux élèvent des animaux et le secteur contribue à hauteur de 40% du PIB agricole contre 53% de celui des pays industrialisés (FAO, 2009).

Dans de nombreux pays en développement, l'élevage est une activité multifonctionnelle. Elle n'est pas seulement une activité à vocation marchande. Au-delà de son rôle direct dans la production d'aliments et de revenus, le bétail constitue une richesse, une garantie pour l'accès au crédit et un filet de sécurité essentiel en temps de crise. L'élevage constitue ainsi une banque alimentaire, une sécurité sociale, une forme de thésaurisation et une forme de reconnaissance sociale (Faye and Alary, 2001). Dans le monde rural, il est, avec l'agriculture, le premier fournisseur d'emploi (FAO, 2009). Il contribue également à l'égalité de genre en créant des opportunités pour les femmes (Chabi Toko, 2016).

Le bétail joue aussi une fonction culturelle et sociale au sein des communautés d'éleveurs (FAO, 2007; Herrero *et al.*, 2013). Il contribue au renforcement des liens sociaux à travers la dot versée à la famille de la jeune mariée ou au renforcement du statut de l'éleveur par la taille de son troupeau. La propriété du bétail peut ainsi constituer le fondement de l'observation des coutumes religieuses et culturelles (Riethmuller, 2003) ou de la détermination du statut de l'agriculteur (Birner, 1999).

1.2. Rôles dans les systèmes agricoles et effets sur l'environnement

Le bétail est également au cœur des systèmes d'exploitation mixte. Dans les pays en développement, l'intégration agriculture-élevage est perçue comme une voie de développement durable des petites exploitations familiales. En effet, dans un contexte d'agroécologie, le bétail valorise les sous-produits issus de l'agriculture tout en contribuant aux travaux agricoles et domestiques par la fertilisation des champs et la fourniture de force de traction pour le labour et le transport et du biogaz pour la cuisson (Zoundi *et al.*, 2006). Il contribue ainsi à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la déforestation.

L'élevage contribue aussi positivement à la protection de l'environnement. Dans les pays en développement, il est considéré comme un moyen d'adaptation et un facteur de résilience face aux effets de changement climatique (FAO, 2015). Ainsi, les animaux peuvent jouer un rôle important dans la dispersion des semences et la régénération des essences végétales. Les graines ingérés mais non digérés

par les animaux sont excrétés à travers les fèces dans d'autres endroits. Combiné à ce facteur, le surpâturage permet aussi la repousse des espèces floristiques moins appréciées par les animaux mais plus adaptées au nouvel environnement créé par cette action (Le Houérou et Gillet, 1985). Le bétail intervient aussi dans le maintien de la fertilité du sol sous l'action du piétinement sur les débris végétaux combinée à l'action de la matière fertilisante sous forme de fèces et d'urine. Par ailleurs, l'élevage pastoral est aujourd'hui indexé comme un facteur important du changement climatique (FAO, 2006 ; Thornton *et al.*, 2009). Il jouerait un rôle direct dans le réchauffement climatique à travers les émissions de gaz entérique à effet de serre (GES) (dioxyde de carbone et méthane) et un rôle indirect par le défrichement des terres pour le pâturage et la culture des espèces fourragères (Wall *et al.*, 2010).

2. Systèmes d'élevages rencontrés dans les pays en développement

Un système d'élevage est un ensemble d'éléments interconnectés et caractérisé aussi par le degré d'intégration avec l'agriculture, par l'affectation des sols, par l'environnement agroécologique et socioculturel et le type de production (Steinfeld *et al.*, 2006). Selon ces caractéristiques, trois principaux groupes sont proposés par la FAO (2009) : un système basé sur l'exploitation des pâturages, un système mixte intégrant l'élevage à l'agriculture et un système de production industrielle.

2.1. Système basé sur l'exploitation des pâturages

Dans le système basé sur l'exploitation des pâturages, plus de 90% de la matière sèche fournie aux animaux provient de pâturages, des fourrages annuels stockés et des aliments achetés. Les acteurs de ce système se concentrent essentiellement à l'élevage et c'est seulement moins de 10% de leur revenu qui proviennent d'activités parallèles autres que l'élevage. Ce système sur l'exploitation des pâturages est rencontré dans les pays en développement où les conditions agricoles sont défavorables (Robinson *et al.*, 2011). Il comprend les systèmes de pâturage extensifs ou intensifs. Les systèmes extensifs couvrent la plupart des régions sèches du monde qui sont marginales pour la production agricole. Ces zones ont tendance à être peu peuplées et incluent, par exemple, les climats tropicaux secs et continentaux de l'Afrique australe, de l'Asie centrale, orientale et occidentale, de l'Australie et de l'Ouest de l'Amérique du Nord (Robinson *et al.*, 2011). Ils sont distingués par l'élevage des ruminants (par exemple bovins, ovins, caprins et chameaux) broutant principalement de l'herbe et d'autres plantes herbacées, souvent dans des zones rurales ou à accès libre et souvent de manière mobile. Ils sont caractérisés en Afrique par de longues périodes de transhumance du bétail à l'intérieur d'un même pays ou entre différents pays. Ces pratiques entraînent des conséquences environnementales résultant du surpâturage, du piétinement et de l'introduction d'espèces végétales non endémiques mais aussi des conséquences génétiques liées à l'apparition de nouveaux types génétiques issus de la rencontre entre le bétail endémique et le bétail transhumant. Le bovin Djakoré au Sénégal est ainsi né du croisement naturel entre le zébu Gobra du Nord et le taurin N'Dama du Sud (Boye *et al.*, 2005).

La deuxième sous-composante, constituée des systèmes de pâturage intensif est rencontrée dans les zones tempérées où une production de qualité supérieure dans les pâturages et les fourrages peut accueillir un plus grand nombre d'animaux. Ces zones ont tendance à avoir une densité de population humaine moyenne à élevée et comprennent la majeure partie de l'Europe, l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud, certaines parties de l'Océanie et certaines parties des tropiques humides.

2.2. Systèmes agricoles mixtes

Les systèmes agricoles mixtes sont des systèmes d'élevage dans lesquels une importante part de la matière sèche fournie aux animaux provient de sous-produits de la culture tels que le chaume et l'autre partie provient d'activités autres que l'élevage (Robinson *et al.*, 2011). Ces systèmes sont pratiqués dans les zones favorables à l'agriculture (Tifton *et al.*, 2010). Ils comprennent les systèmes agricoles mixtes pluviaux et les systèmes agricoles mixtes irrigués. Les premiers sont rencontrés dans les régions tempérées d'Europe et d'Amérique, ainsi que dans les régions subhumides d'Afrique tropicale et d'Amérique latine. Ces systèmes sont caractérisés par la propriété individuelle, souvent avec plus d'une espèce de bétail. Au niveau mondial, environ 48% de la production mondiale de viande bovine et 53% de la production laitière sont concernés par ces systèmes (FAO, 2009). Quant aux systèmes d'agriculture mixte irrigués, ils prévalent en Asie de l'Est et du Sud, principalement dans les zones à forte densité de population. Ils contribuent de manière importante à la plupart des produits animaux, fournissant environ un tiers de la production mondiale de porc, de mouton et de lait et un cinquième de la viande bovine (FAO, 2009).

2.3. Systèmes industriels

Les systèmes industriels sont définis comme les systèmes qui achètent au moins 90% de leurs aliments auprès d'autres entreprises. Ils sont pour la plupart intensifs et se trouvent souvent près des grands centres urbains. Les systèmes industriels sont courants en Europe et en Amérique du Nord et dans certaines régions d'Asie de l'Est et du Sud-Est, d'Amérique latine et du Proche-Orient. Ils consistent souvent en une seule espèce (bovins de boucherie, porcs ou volailles) nourris avec des aliments pour animaux (céréales et sous-produits industriels achetés à l'extérieur de la ferme). Ces systèmes sont moins importants en termes de production de ruminants par rapport à celle des monogastriques (volailles et porcs) (FAO, 2009).

Ces systèmes d'élevage décrits se différencient ainsi selon les zones agroécologiques mais aussi par la diversité des espèces et des races qui y sont élevées.

3. Ressources zoogénétiques dans les pays en développement

3.1. Productivité des ressources génétiques animales dans les pays en développement

Dans les pays industrialisés du Nord, les stratégies d'amélioration génétique ont abouti à une spécialisation des races (races laitières ou races viandeuses chez les bovins ; souches pondeuses, souches

à chair ou souches mixtes chez les volailles ; lignées hyper-prolifiques ou viandeuses chez les races porcines) qui leur donne un statut des races hautes productrices. Toutefois, leur faible variabilité génétique constitue une problématique actuelle (FAO, 2007 ; Hoffmann, 2010). Dans les pays en développement, le critère d'estimation de la productivité des races rencontrées selon le rendement individuel ou le type de production tend à sous-évaluer leur intérêt économique malgré leur adaptation à un environnement de production difficile (physique, socio-culturel et économique) et à leur capacité à répondre aux moyens d'existence des éleveurs. Cependant, la productivité en termes numériques est en constante augmentation dans les pays en développement (FAO, 2015). Cette productivité serait la résultante des systèmes d'élevage caractérisés par un grand effectif des troupeaux mais aussi par une grande résistance des animaux aux maladies et aux conditions environnementales souvent extrêmes (pâturage pauvre, températures très élevées ou très basses...). Ainsi, par leur nombre, leur diversité et leur résistance, les ressources génétiques rencontrées dans les pays en développement contribuent à plus de la moitié de la production animale mondiale (FAO, 2015). Cette production est essentiellement assurée par cinq espèces majeures : bovin, ovin, caprin, porc et poulet (FAO, 2015). Une comparaison de leur importance relative peut être exprimée en Unités de Bétail Tropical (UBT), donnant à chaque espèce une contribution proportionnelle à sa masse corporelle standardisée par rapport au bovin, pour lequel une tête compte donc pour 1 UBT. En 2012, classée première en importance relative, la population mondiale des bovins était de 1,5 milliard UBT (1,5 milliard de têtes) dont 17% rencontrés en Afrique, tandis que les porcs, classés seconds, représentaient 500 millions UBT (1 milliard de têtes) dont 4% en Afrique, les ovins 240 millions UBT (1,2 milliard de têtes) dont 22% élevés en Afrique, les poulets 231 millions UBT (21 milliards de têtes) dont 7% en Afrique, et les caprins 200 millions UBT (1 milliard de têtes) dont 30% en Afrique (FAO, 2015).

3.2. Diversité des ressources génétiques animales

La diversité des ressources génétiques animales rencontrées dans les pays en développement participent grandement à la sécurité alimentaire et au développement local (Alary *et al.*, 2007). Dans ces pays, une grande diversité des ressources génétiques toute espèce domestique confondue est rencontrée en lien avec la diversité des écosystèmes et les systèmes de productions. Cette part est estimée à 70% des races d'animaux domestiques mondiales (Rege *et al.*, 2011). Globalement, l'Afrique abrite 212 races endémiques et adaptées contre 147 recensées en Europe (FAO, 2015). Dans cette région, ces races se distinguent selon leurs caractéristiques morphobiométriques. Ainsi distingue-t-on chez les bovins deux grandes familles : zébus (*bos indicus*) et taurins (*bos taurus*), se différenciant notamment par leur respective présence et absence de bosse. Cette caractérisation des races se rapporte aussi à l'environnement d'élevage et aux populations qui les élèvent. Les bovins taurins africains, reconnus par leur trypanotolérance, sont trouvés dans des environnements humides et participent au développement de ces régions. Il s'agit des taurins lagunaires à courtes cornes, le Baoulé et la Somba, trouvés autours des lagunes en Côte d'Ivoire et au Bénin opposés aux taurins à longues cornes, la N'Dama et le Kouri,

trouvés respectivement dans les forêts ou savanes tropicales et autour du lac Tchad. Les zébus sont, quant à eux, généralement trouvés dans des environnements secs. Les zébus Peuls de Macina ou du Mali s'opposent aux zébus Arabes du Tchad qui, eux aussi diffèrent de zébu Bororo du Niger. Malgré le vocable commun de zébu ou de taurin, l'espèce bovine présente des caractéristiques externes très différentes, façonnées par leur environnement et par les éleveurs. Ainsi, les zébu Peuls Gobra du Sénégal se différencient d'autres zébus Peuls, comme le zébu Peul du Mali ou zébu Peul de Macina au Burkina Faso, par la couleur blanche de sa robe et la longueur de ses cornes. En effet, les éleveurs peuls de Fouta Toro au Sénégal ont toujours apprécié les zébus de robe blanche qui renverrait aux caractéristiques de « pureté » de « Pulagu » (le fait d'être Peul) (Camara, 2013). Ces considérations culturelles seraient aussi à l'origine du choix et de l'élevage du zébu Bororo par les Peuls Bororo du Niger (Bonfiglioli, 1988). En considérant ces faits, un programme de sélection ou d'amélioration génétique destiné à ces peuples mais ignorant ces réalités culturelles dans le choix des animaux, serait difficilement durable.

Toutefois, les évolutions de ces dernières années, telles que l'urbanisation, le développement économique et la mondialisation de la consommation, ainsi que l'évolution scientifique et technologique, conduisent à des changements parfois rapides dans les systèmes de production et des races animales (Rege *et al.*, 2011). Ces changements, considérés comme une opportunité pour le développement du secteur de l'élevage, peuvent globalement constituer une menace pour les ressources génétiques locales (Rege *et al.*, 2011).

4. Menaces sur la diversité des ressources génétiques animales

Les facteurs favorisant l'érosion de la diversité génétique sont multiples. Ils peuvent être liés au changement climatique, aux maladies ou au changement dans les modes de consommation. Rege et Gibson (2003) considèrent l'utilisation de matériel génétique exotique, les changements des systèmes de production et des préférences des producteurs poussés par des facteurs socioéconomiques (amélioration des revenus, croissance démographique et urbanisation), et les catastrophes (sécheresse, famine, épidémies, troubles civils/conflits) comme les principales causes de l'érosion génétique. Tisdell (2003) mentionne les interventions en faveur du développement, la spécialisation (mise en évidence d'un seul caractère productif), l'introggression génétique, l'élaboration des technologies et des biotechnologies, l'instabilité politique et les catastrophes naturelles. Selon ces exemples, les menaces sur les ressources génétiques peuvent se classer en trois catégories : les menaces d'origines socio-économiques, les menaces liées aux modifications environnementales et aux catastrophes naturelles et les menaces consécutives aux pratiques d'amélioration génétique.

4.1. Menaces socio-économiques

La population mondiale est estimée à 9,15 milliards d'habitants en 2050 et en Afrique au sud du Sahara, la population croît de 1,2% par an (UNPD, 2008). Cette croissance démographique doit s'accompagner d'une augmentation de la population agricole pour améliorer la sécurité alimentaire des populations.

L'accroissement de la demande en produits de l'élevage dans de nombreuses régions des pays en développement pousse à accroître les rendements de la viande, des œufs et du lait pour le marché (Thornton, 2010). Dans ce sens, la production de viande a triplé dans les pays en développement entre 1980 et 2002, passant de 45 à 135 millions de tonnes (FAO, 2009). Depuis 1960, les besoins de consommation de lait par habitant dans les pays en développement ont doublé et ceux de la viande ont triplé (FAO, 2009). D'autres facteurs importants déterminant cette demande sont le développement d'une classe moyenne et l'urbanisation rapide dans les pays en développement (Thornton, 2010). Ces facteurs ont entraîné un changement dans le mode de consommation qui se traduit par une demande accrue en produits d'élevage en quantité et en qualité. Ces situations avaient pour conséquence une forte uniformisation de l'élevage avec un intérêt pour des races spécialisées pour la production de lait, de viande ou d'œufs. Ainsi, le remplacement des races locales par un nombre restreint de races hautes productrices est une conséquence très répandue des tentatives visant à augmenter la production pour répondre à cette demande (Tisdell, 2003). Les systèmes de production qui en découlent sont non seulement influencés par les demandes des marchés locaux, mais également par les évolutions au plan international. La mondialisation économique contribue à l'érosion génétique de différentes façons : elle encourage la spécialisation régionale et, dans une région donnée, elle peut ainsi porter au déclin des races spécialisées dans une production défavorisée. Une des conséquences est l'évolution vers la spécialisation en un seul produit au niveau de l'exploitation et peut ainsi menacer les races à usages multiples. Elle favorise aussi les capacités de contrôle de l'environnement de production et, par conséquent, l'utilisation d'une gamme plus restreinte de races aptes à rentabiliser rapidement ces investissements. La mondialisation économique facilite en outre le transfert de matériel génétique à travers les frontières. Par ailleurs, l'élevage, en tant que mode d'investissement, suscite l'intérêt d'autres catégories professionnelles telles que les riches commerçants ou les fonctionnaires. Ces nouveaux acteurs embauchent les petits éleveurs, qui ont souvent perdu leurs cheptels à la suite des catastrophes naturelles, en leur confiant l'entretien de leurs troupeaux en échange d'un salaire (Corniaux et al., 2006 ; Faye et al., 2001). L'intérêt de ces nouveaux acteurs, voyant seulement le bétail sous l'angle du profit qu'il peut leur apporter et non comme une identité socio-culturelle de transmission de savoir-faire, peut concourir à la perte des connaissances liées à l'élevage des races endémiques.

4.2. Menaces liées à l'environnement et aux catastrophes naturelles

La dégradation de la base des ressources naturelles, exacerbée par la pression croissante de la population et l'absence de méthodes et de politiques adéquates en matière de gestion des pâturages, de fertilité des sols ou d'affectation des terres, peut menacer la durabilité d'une race locale (FAO, 2006). En effet, avec la multiplication des événements extrêmes, la diminution des aires de parcours et l'expansion des terres de cultures (aussi bien extensives qu'intensives), les espaces alloués à l'élevage sont de plus en plus restreints. Ainsi, l'absence de droits d'accès aux pâturages et aux sources d'eau est de plus en plus une menace pour les stratégies d'élevage des pasteurs (Köhler-rollefson, 2005). Le changement climatique

représente aussi une menace potentielle. La variabilité des précipitations (dispersion ou concentration pluviométrique) dans les principales régions semi-arides de l'Afrique peut affecter de façon négative l'existence des pasteurs (Fereja and Resource, 2016). Ainsi, ces pasteurs affectés par le changement climatique, s'ils n'abandonnent pas purement et simplement le métier de l'élevage, transhument vers d'autres milieux favorables à leur système de production ou élèvent d'autres espèces animales adaptées au nouvel environnement. Outre les problèmes relatifs aux ressources naturelles, les contraintes liées à la production (par exemple, les maladies endémiques), au commerce, à la disponibilité des intrants externes et au manque d'infrastructures et des services nécessaires à l'amélioration des races peuvent entraîner une baisse de la viabilité économique de ces systèmes de production.

Les dégradations environnementales et catastrophes naturelles entraînent en outre la migration de la population vers les zones urbaines à la recherche d'un emploi, favorisant ainsi la disparition du métier de l'élevage. Cela conduit d'une part à la perte de la main-d'œuvre pour le secteur de l'élevage et d'autre part à la perte de la connaissance traditionnelle associée aux animaux d'élevage (Köhler-rollefson, 2005). Notons que si une partie de ces migrants développeront à nouveau une certaine pratique de l'élevage, le milieu urbain et péri-urbain en modifiera fortement le visage, se basant sur des races et possiblement des espèces différentes.

4.3. Menaces consécutives à l'amélioration génétique

La pratique de l'amélioration génétique pour répondre à une demande de production donnée pourrait constituer à long terme une menace pour les races locales considérée comme moins performantes pour cette production. Cependant, la grande menace réside dans la méconnaissance des races locales et la faible valorisation de leur potentialité génétique. De façon plus générale, la prise de conscience de l'importance de la conservation et de l'utilisation durable des ressources génétiques animales est souvent limitée au niveau politique (FAO, 2010). Cette faiblesse concourt au manque de caractérisation adéquate et de considération des races locales dans le cadre de toutes les décisions politiques. De plus, l'investissement du secteur public dans la mise en valeur des races locales est en baisse. L'attention est dirigée de plus en plus sur les techniques de croisement et de moins en moins sur les activités de sélection qui impliquent la conception de programmes de sélection, l'établissement de schémas d'enregistrement des animaux et leur appui, et l'implication des fermiers locaux et des races traditionnelles (FAO, 2010). Dans les pays industriels, le développement des ressources zoo-génétiques est ainsi laissé au secteur commercial, qui se concentre principalement sur les races transfrontalières internationales et au même moment, dans les pays en développement, l'urgence politique des gouvernements pour l'autosuffisance en lait particulièrement favorise l'introduction des races tempérées (Seck *et al.*, 2016).

Toutefois, pour améliorer la productivité des races locales, des programmes d'amélioration génétiques ont été initiés en Afrique. Dans beaucoup de pays, ils constituent une des composantes des politiques du secteur de l'élevage. Si la plupart de ces programmes ont été mis en place par les Etats, ils ont cependant

bénéficié constamment des financements externes de la part des institutions internationales, des ONGs ou des agences de coopération des pays développés.

5. Place de l'amélioration génétique dans les politiques d'élevage en Afrique

5.1. Tentatives d'amélioration génétique en Afrique

L'amélioration du potentiel génétique des races locales était perçue par des partenaires au développement comme une alternative crédible dans beaucoup de pays en développement pour répondre à la demande en produits animaux et aussi pour faire face aux menaces précitées.

Des programmes d'amélioration génétique ont été initiés en Afrique par les pouvoirs coloniaux entre la fin de la seconde guerre mondiale et la fin de la période coloniale. L'objectif était de satisfaire la demande des autres territoires coloniaux en produits d'origine animale (Ly, 1989). Les stratégies étaient basées sur la sélection, le croisement ou l'importation des races d'une colonie à une autre. Au Sénégal, le zébu Gobra a fait l'objet de sélection pour améliorer ses performances bouchères au début des années 1950 (Denis et Mbaye, 1985). Il a été en outre croisé avec le taurin N'Dama pour la production d'un animal de trait appelé « métis de Bambey » (13/16 zébu Gobra x 3/16 Taurin N'Dama) dans le bassin arachidier (Denis et Mbaye, 1985). Au Mali, ces tentatives ont concerné d'abord le croisement entre le zébu Peul et le taurin N'Dama dans les années 1950 pour tirer parti de la productivité du premier et de la trypanotolérance du second (Tamboura *et al.*, 1982). Dans d'autres pays, la stratégie consistait à l'introduction des races venant des autres territoires colonisés. Ainsi le bovin Sahiwal a-t-il été introduit du Pakistan vers le Kenya (Ilatsia, 2011). Cette race a fait aujourd'hui du Kenya un des grands pays producteurs de lait en Afrique (Ilatsia *et al.*, 2012). Le bovin N'Dama a aussi été exporté du Sénégal vers les pays d'Afrique Centrale (République du Congo, République Démocratique du Congo (RDC) ou Gabon) du fait de sa grande résistance aux maladies parasitaires en général, et à la trypanosomose en particulier (Okouyi, 2018; Shaw and Hoste, 1991). En RDC, le bovin N'Dama avait fait l'objet de sélection. Un label N'Dama J.V.L (du nom du ranch Jules Van Lancker) a ainsi été créé et exporté dans les autres pays d'Afrique Central comme le Gabon (Okouyi, 2018). Depuis les indépendances, les programmes de sélection initiaux ont continué pour la plupart et d'autres ont été implantés par les Etats mais sous assistance étrangère. En Afrique de l'Ouest, ces programmes ont concerné particulièrement le bovin de race N'Dama. Au Sud du Sénégal, un programme d'amélioration des performances bouchères du bovin N'Dama a été développés dans les années 1970 (Fall *et al.*, 1982). Au même moment, un programme, connu sous le nom de l'Opération N'Dama de Yanfolila (ONDY) a été implanté au Mali pour la production d'une souche N'Dama de Madina Diassa (Tamboura *et al.*, 1982 ; Berti *et al.*, 1995). En Gambie, un programme similaire d'amélioration des caractéristiques bouchères du taurin N'Dama a été développé dans les années 1990 (Bosso *et al.*, 2007). Ces trois programmes d'amélioration génétique du bovin N'Dama feront l'objet d'une analyse détaillée dans le premier chapitre de cette thèse.

Cependant, parallèlement à ces programmes de sélection, le développement de l'insémination artificielle et la demande accrue en produits laitiers ont orienté les programmes d'amélioration génétique vers les stratégies de croisement et d'introduction des races laitières étrangères. Au Sénégal, ces stratégies basées sur les races étrangères ont été entreprises dès 1963 avec l'introduction d'un cheptel de vaches exotiques en provenance du Pakistan (Red Sindhi et Sahiwal) puis des Montbéliard à partir de 1976 (Ba Diao, 1991). Ces programmes, développés par l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA), avaient pour objectif d'étudier l'adaptabilité de ces races en vue de leur utilisation ultérieure dans les exploitations intensives situées à proximité des centres de consommation de lait (Ba Diao 1991). Depuis, l'insémination artificielle avec de la semence de races européennes a été le principal outil mobilisé par les pouvoirs publics et les intervenants étrangers pour augmenter la production laitière au Sénégal. Toutefois, le résultat escompté n'est pas bien visible dans ce pays (Seck *et al.*, 2016). Au Maroc, cette stratégie a par contre abouti à une augmentation notable de la production laitière nationale. En accord avec l'analyse présentée ci-avant, cette stratégie a également entraîné une diminution de l'effectif des races locales qui composaient la presque totalité du cheptel bovin au début des années 70 pour ne représenter que 54,1% de l'effectif global dans les années 2000 (Boujenane *et al.*, 2002). Pendant ce temps, au Kenya, cette même stratégie a aussi permis d'améliorer la production laitière, car utilisée au sein d'un dispositif institutionnel et réglementaire différent, faisant notamment appel à la régulation du marché et à un soutien aux producteurs, notamment financé via la taxation des produits laitiers importés (Madalena *et al.*, 2002 ; Rege *et al.*, 2011).

5.2. Cadre réglementaire de l'amélioration génétique au Sénégal

Au Sénégal, le développement du sous-secteur de l'élevage a été fortement marqué par les politiques entreprises en différentes périodes depuis les indépendances (Ly, 1989). Dans ces programmes de développement de l'élevage, l'amélioration génétique des bovins a souvent occupé une place de choix pour augmenter la productivité des races locales (Denis et Mbaye, 1985). La dernière loi-cadre en date est la loi d'orientation agro-sylvo-pastorale (LOASP). Cette loi établit en son article 43 que « l'État, en concertation avec les collectivités locales et les organisations de producteurs concernées, définit et met en œuvre un Plan National de Développement de l'Élevage (PNDE) » (MEPA, 2016). Ce plan, pour être en adéquation avec les objectifs du Plan Sénégal Émergent (PSE), nouveau référentiel des programmes nationaux de développement, a été revisité et actualisé en 2013.

Ainsi, le PNDE définit quatre axes stratégiques de développement de l'élevage :

1. Amélioration de la productivité et de la compétitivité des filières ;
2. Création d'un environnement favorable au développement des systèmes d'élevage ;
3. Amélioration de la mise sur le marché des produits animaux ;
4. Renforcement du cadre institutionnel d'intervention.

Chaque axe comprend plusieurs lignes d'action. Ainsi, l'axe 1 a six lignes d'action. L'amélioration du potentiel génétique du cheptel est reprise par la ligne d'action 3. Cependant, d'autres lignes d'action (4 et 5, du même axe) revêtent un caractère transversal pertinent pour l'amélioration génétique, notamment le renforcement des capacités techniques des acteurs des différentes filières et le renforcement des capacités organisationnelles et de gestion des acteurs. En outre, l'axe 4 vise spécifiquement le renforcement du cadre institutionnel, qui est au cœur de l'amélioration génétique. Le document du PNDE souligne que l'amélioration du potentiel laitier est basée sur l'insémination artificielle avec les races exotiques tout en conservant les ressources génétiques locales : qualité bouchère pour le zébu Gobra, trypanotolérance pour le taurin N'Dama (MEPA, 2012).

Le programme de sélection du bovin N'Dama, pour être durable, doit s'insérer dans ce cadre réglementaire et politique mais aussi s'adapter aux mutations environnementales, économiques, sociales et culturelles citées plus haut, ainsi qu'aux objectifs d'élevages des éleveurs.

6. Durabilité des programmes d'amélioration génétique

De tout ce qui précède, il convient d'extraire une leçon fondamentale, qui est que les ressources génétiques animales ne sont pas seulement une entité biologique. Ce sont des biens publics, gérés par un collectif, exprimant une relation forte avec un territoire, des traditions et une adaptation à des systèmes de production (Selmi et Joly, 2014). Ainsi la durabilité d'un programme de sélection d'une race doit répondre à cette compréhension de la ressource génétique comme entité socio-technique et biologique complexe. Par exemple, la multifonctionnalité du bétail des pays en développement est mobilisée pour définir les objectifs et établir les critères de sélection des futurs reproducteurs (Roosen *et al.*, 2005). Ignorée, cette multifonctionnalité pourrait constituer une barrière pour la pérennisation des programmes de sélection ne visant seulement que des objectifs de production bouchère ou laitière (Philipsson *et al.*, 2011). Par ailleurs, les stratégies longtemps retenues, telle que la centralisation des programmes dans les fermes étatiques et les stations de recherche, sont de plus en plus jugées non durables, car impliquant faiblement les bénéficiaires finaux (Haile *et al.*, 2011). Cette implication des bénéficiaires finaux doit être comprise comme la traduction de la prise en compte des dimensions à la fois économiques, techniques, sociales et culturelles de la race animale. Plus souvent initiés par les gouvernements, ces programmes ne sont soutenus que par des financements et par des actions isolées et limitées dans le temps des ONG ou de la recherche (Haile *et al.*, 2011). De ce fait, ces financements ne sont pas compatibles avec le caractère à long terme des programmes de sélection. Selon ces considérations, les facteurs de non durabilité des programmes de sélection peuvent se classer en quatre catégories : (1) l'inadéquation des objectifs de sélection avec les intérêts des éleveurs, (2) le défaut de ressources financières et humaines, (3) la stratégie de sélection inadaptée et (4) la faible implication des éleveurs et de leur collaboration avec les autres parties prenantes.

6.1. Inadéquation avec les objectifs des éleveurs

Les objectifs fixés sont la clé de réussite d'un programme d'amélioration génétique. C'est la première étape et la plus décisive car elle conditionne tout le reste du processus (Minvielle, 1990). Cette étape consiste à fixer la finalité de l'amélioration génétique et elle aboutit à la définition d'un objectif général, qui est l'orientation globale que l'on veut donner à la population. Cet objectif doit être accepté au préalable par les éleveurs de la race à améliorer. Son identification doit découler d'une démarche participative impliquant les éleveurs. Le schéma de sélection appliqué doit répondre à leurs besoins actuels et futurs (Bennison *et al.*, 1997). Les premiers programmes développés en Afrique, plus souvent implantés dans les stations de recherche, avaient des objectifs définis par la recherche, souvent disjoints de ceux des bénéficiaires finaux. C'est le cas au tout début du programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal, qui visait alors uniquement des performances bouchères. Après quelques années de fonctionnement, ce programme fut contraint d'intégrer le lait parmi les objectifs de sélection pour tenir compte des besoins des éleveurs afin de les faire participer davantage (Diop *et al.*, 1993 ; Sissokho *et al.*, 1993). Pour satisfaire ces besoins des éleveurs et lever cette contrainte d'inadéquation, plusieurs approches ont été développées pour définir les objectifs de sélection. Parmi celles-ci, les approches participatives et les approches bioéconomiques ont été utilisées dans les pays en développement (Mwacharo et Drucker 2005 ; Roosen *et al.*, 2005 ; Ejlersen, 2013 ; Salces *et al.*, 2014 ; Asefa *et al.*, 2015).

6.2. Ressources financières insuffisantes

La viabilité des programmes de sélection dépend des considérations techniques mais aussi financières. L'une des causes majeures de l'échec de beaucoup de programmes de sélection est l'absence de lignes de financement structurantes à long terme au sein des budgets gouvernementaux. Les programmes gouvernementaux considèrent le croisement comme ayant des objectifs plus facile à atteindre (FAO, 2010), dont l'horizon temporel est davantage en adéquation avec l'horizon politique, électoral. L'avènement des biotechnologies de production (l'insémination artificielle particulièrement), en outre favorisée par leur image de modernité, a ouvert une voie encore élargie au croisement, qui avait déjà bénéficié des moyens conséquents pour améliorer la production animale en Afrique de l'Ouest et de l'Est (Kamuanga *et al.*, 1999 ; Ilatsia *et al.*, 2012 ; Roschinsky *et al.*, 2015). Ainsi, les rares financements des activités de sélection en race pure sont apportés par des projets de recherches ou des appuis isolés des ONGs ou des agences de coopération internationale. Les charges inhérentes à la gestion des programmes de sélection telles que l'alimentation ou la gestion sanitaire des animaux ne sont pas totalement prises en charge par ces bailleurs. C'était le cas du programme ONDY au Mali où l'échec a été imputé au coût élevé de ces charges (Berti *et al.*, 1995). D'autres charges, non moins négligeables, peuvent concerner le soutien aux producteurs (compensation financière ou subvention en nature). Il peut paraître incongru d'accorder une compensation financière aux bénéficiaires directs. Mais, beaucoup d'études ont montré que les programmes d'amélioration génétique des pays en développement qui

réussissent sont ceux qui ont apporté une subvention aux éleveurs (Abdulai and Huffman, 2005 ; Roschinsky *et al.*, 2015). Ce point sera repris et développé dans l'analyse de nos travaux.

6.3. Stratégies de sélection non adaptées et faible implication des éleveurs

Les stratégies développées peuvent varier selon les espèces, les objectifs, les ressources disponibles ou selon la vision des prescripteurs. Les premiers programmes étaient basés sur des systèmes à noyau fermé centralisé dans les fermes étatiques ou dans des stations de recherche (Fall *et al.*, 1982, Berti *et al.*, 1995, Haille *et al.*, 2011 ; Siddo *et al.*, 2015). Dans ces programmes, les éleveurs étaient des acteurs passifs recevant seulement le progrès génétique issu du noyau de sélection. Les conséquences de cette stratégie étaient leur faible implication entraînant ainsi une faible diffusion du progrès génétique. Le faible intérêt des éleveurs aux programmes de sélection peut aussi être expliqué par la perception qu'ils ont de cette méthode d'amélioration génétique qu'ils considèrent caduque par rapport à celle utilisant le croisement considéré comme un symbole de modernité pour répondre à leurs objectifs (Siddo *et al.*, 2017). Toutefois, étant les propriétaires des animaux, aucune stratégie utilisée ne peut être durable sans leur participation (Kosgey *et al.*, 2006 ; Philipsson *et al.*, 2011 ; Leroy *et al.*, 2017). Ainsi, des stratégies visant à améliorer cette participation ont été développées : participation à la conception et à la définition des objectifs de sélection et participation à la coordination du programme. L'une des méthodes utilisées pour définir les objectifs de sélection est de demander l'avis des éleveurs (Bosso *et al.*, 2007). Cette méthode participative aurait l'avantage d'engager les éleveurs dans le reste du processus de sélection, leur permettant ainsi un contrôle sur le respect de leurs objectifs. Toutefois, cet engagement ne serait efficace que s'il est effectué dans un cadre collectif. Ainsi, l'organisation des activités de sélection par des communautés d'éleveurs est vue comme un outil institutionnel de durabilité. Développés dans des pays en développement, les programmes de sélection à base communautaire (CBBP, pour *Community-based breeding programs*) sont présentés comme une alternative aux programmes de sélection centralisés où l'implication des éleveurs n'est pas toujours effective (Duguma 2010; Duguma *et al.*, 2012; Haile *et al.* 2011; Abegaz *et al.*, 2014; Wurzinger *et al.*, 2013 ; Mueller *et al.*, 2015). Ce modèle met les éleveurs au cœur du processus de sélection, dans lequel ils assurent à la fois la production et la diffusion du progrès génétique. Par contre, selon d'autres études, la CBBP conviendrait mieux aux élevages familiaux de petits ruminants des pays en développement du fait d'une faible interaction entre les éleveurs et les autres parties prenantes (Mueller *et al.*, 2015). En effet dans beaucoup des pays en développement, les petits ruminants sont souvent élevés par les catégories vulnérables de la population notamment les femmes et les jeunes. De ce fait, une faible interaction entre les pouvoirs publics et ces catégories d'éleveurs est observée concernant ces espèces, contrairement au cas de l'espèce bovine où des politiques pour l'autosuffisance en lait sont élaborées et organisent une intervention des gouvernements et des autres parties prenantes. La CBBP constituerait ainsi un désavantage si elle est appliquée aux bovins. Concernant cette dernière espèce, Kahi *et al.* (2005) proposent un modèle d'organisation communautaire appuyée par des partenaires techniques et financiers (CBOGIL, pour

Community-based organizations for the genetic improvement of livestock), où les éleveurs sont les acteurs principaux de l'organisation, et les partenaires du développement sont les membres stratégiques.

L'analyse de chacun des facteurs décrits ci-dessus contribue à comprendre les causes de réussite ou d'échecs de pérennisation des programmes de sélection bovine des systèmes à faibles niveaux d'intrants des pays en développement.

7. Objectifs et questions de recherche

7.1. Objectifs de la recherche

Comme indiqué plus haut, les programmes de sélection dans les pays en développement se caractérisent par leur courte durée de mise en œuvre. Nous postulons ici que ce manque de durabilité est causé particulièrement par le défaut d'appropriation de ces programmes par les éleveurs. En effet, la pérennisation des programmes de sélection des pays en développement dépendrait de l'intérêt des bénéficiaires, de la stratégie développée, de l'organisation des parties prenantes et des ressources humaines et financières mobilisées (Kosgey *et al.*, 2006 ; Haille *et al.*, 2011 ; Leroy *et al.*, 2017). Le programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal, étudié dans cette thèse, n'échappe pas à ces caractéristiques. Le cas de la sélection du bovin N'Dama au Sénégal est donc mobilisé ici comme cas d'étude permettant d'investiguer ce défaut d'appropriation. Notre recherche s'insère ainsi dans un questionnement plus large, sur les programmes d'élevage des systèmes à faibles niveaux d'intrants des pays en développement. Son ambition est de questionner les logiques des éleveurs de Kolda et des autres acteurs dans l'adoption et le développement du programme de sélection du bovin N'Dama, afin de faire émerger des mécanismes affectant potentiellement une gamme plus large de programmes. Interprétés comme facteurs de pérennisation du programme, la compréhension de ces mécanismes devrait permettre d'élaborer des solutions pour un renforcement de la durabilité de la stratégie d'amélioration génétique du bovin N'Dama au Sénégal.

L'évaluation des programmes de sélection en Afrique de l'Ouest a particulièrement concerné l'analyse des paramètres zootechniques et génétiques du troupeau de la base de sélection (Bosso *et al.*, 2009 ; Camara, 2012 ; Siddo *et al.*, 2018). Les analyses socio-économiques sur l'utilisation ou l'impact du progrès génétique dans l'amélioration des moyens d'existence des éleveurs restent assez fragmentaires. Toutefois, quelques travaux ont analysé les programmes de sélection bovine sous cet angle socio-économique (Siddo, 2017, Kosgey 2006). Les évaluations de l'impact économique d'un programme de sélection sont rendues difficiles ou sont empêchées par le grand nombre de données qu'ils demandent, collectées sur des périodes longues, et qui font souvent défaut ou sont de qualité peu assurée (Drucker *et al.*, 2001 ; Roosen *et al.*, 2005 ; FAO, 2015). Face à ce manque de données, des méthodes basées sur des sciences de gestion ou sur des approches sociologiques ont été développées ces dernières années pour analyser les programmes d'amélioration génétique dans les pays développés en se focalisant sur leur organisation et/ou sur leur mode de production de connaissances et d'innovations (Labatut *et al.*,

2012 ; Selmi *et al.*, 2014). Dans les cas des pays en développement, l'approche sur la multifonctionnalité du bétail, utilisée pour définir les objectifs de sélection, pourrait être utile pour analyser les programmes de sélection, puisque la participation des éleveurs dépend aussi de la prise en compte de leurs objectifs (Abdulai et Huffman, 2005 ; Roosen *et al.*, 2005 ; Philipsson *et al.*, 2011). En outre, l'étude des objectifs et des critères de sélection peut aussi renseigner sur la vision et la stratégie développée par les concepteurs pour le développement de ces programmes. En effet, les perceptions des caractères et des objectifs de sélection montrent une certaine diversité parmi les experts et les prescripteurs des programmes d'élevage (Jabbar *et al.*, 2010). Par conséquent, la pérennisation d'un programme de sélection serait aussi fonction du concepteur. Une analyse axée sur l'opinion des concepteurs aiderait à comprendre les stratégies adoptées et à évaluer le lien entre la durabilité d'un programme de sélection et la vision de ces concepteurs.

La pérennisation d'un programme de sélection dépendrait donc d'un ensemble d'éléments qui doivent être analysés globalement. Notre objectif d'étude repose sur l'hypothèse que les relations entre l'intérêt des éleveurs, évoluant dans un environnement économique et social changeant, et la perception des concepteurs en lien avec la stratégie développée et l'implication des parties prenantes ont un impact sur la durabilité d'un programme de sélection tel que celui de la race N'Dama en Casamance. Chacune de ces composantes ont été étudiées séparément pour évaluer des programmes de sélection ou d'élevage en Afrique (Ayalew *et al.*, 2003 ; Kosgey *et al.*, 2006 ; Philipsson *et al.*, 2011). Nous pensons que ces analyses séparées peuvent être insuffisantes pour comprendre les causes de succès ou d'échec de ces programmes de sélection. L'objectif de notre recherche est de faire une analyse globale de ces relations existant entre ces différentes composantes pour comprendre les causes et améliorer la pérennisation du programme de sélection du bovin N'Dama.

7.2. Questions de recherche

La question de recherche centrale est dès lors la suivante : quelle stratégie globale de sélection faut-il mettre en place pour la pérennisation du programme d'amélioration génétique du bovin N'Dama au Sénégal ? Pour répondre à cette question, nous nous posons les questions spécifiques suivantes :

Question 1 : Comment le programme de sélection du bovin N'Dama est perçu par les éleveurs à la lumière des mutations environnementales et sociales en cours et des innovations techniques et institutionnelles développées ?

Cette question nous édifiera, sur l'adaptation du programme face aux innovations et la réponse qu'elle pourra apporter aux objectifs des éleveurs.

Question 2 : Quels sont les déterminants de l'adoption d'une innovation génétique ? Cette question complète et explique les éléments de réponse apportés à la question 1 dans le sens qu'elle aidera à comprendre les facteurs techniques, sociaux et économiques de l'adoption d'une innovation génétique.

L'étude 3 sur les facteurs déterminant la participation des éleveurs au programme de sélection apportera des éléments de réponse à cette question.

Question 3 : Face aux mutations techniques, environnementales, économiques et sociales (qui seraient liées aux innovations étudiées par la question 1) et aux barrières de participation, quelles sont les parties prenantes à impliquer – sous quelles formes d'organisation et de partenariat – pour la pérennisation du programme d'amélioration génétique ? Les études 4 et 5 apporteront des éléments de réponse à cette question.

8. Méthodologie d'étude

8.1. Terrain d'étude : zones, interventions et populations concernées

L'effectif des bovins au Sénégal est estimé à environ 3,3 millions de têtes (ANSD, 2013). Le cheptel bovin est principalement composé du zébu Gobra (37%), du taurin N'Dama (32%) et du Djakoré, un produit de croisement entre le Gobra et la N'Dama (19%) (ANSD, 2013). D'autres races bovines étrangères sont aussi présentes, comme la Jersey, la Montbéliarde ou la Holstein, élevées dans des systèmes intensifs périurbains des villes de Dakar, Thiès ou Saint-Louis. Près de la moitié (45%) de cette population bovine se trouve dans les régions Sud et Sud-Est du pays qui sont les plus pluvieuses du pays (Sud de Tambacounda et les régions de Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Kédougou). Dans ces régions, les systèmes pastoraux et agropastoraux sont plus rencontrés. Par ailleurs, depuis trois décennies, on assiste à un lent glissement de l'élevage bovin du Nord du pays (vallée du fleuve Sénégal, nord du Ferlo), où prévalent les systèmes pastoraux dépendants d'une pluviométrie irrégulière, vers les zones plus méridionales (Sud du Djolof, Sine Saloum). Cette évolution concerne surtout le zébu Gobra qui migre vers le sud et colonise le territoire du taurin N'Dama. Leur rencontre donne naissance au type génétique mentionné plus haut, le Djakoré.

Dans les régions Sud du Sénégal, l'élevage est un secteur cible important des interventions pour le développement. Ainsi, dans les années 2000, deux projets phares ont concerné ces régions : le PROjet de GEstion durable du Bétail ruminant Endémique (PROGEBE), profilé comme projet de protection de la biodiversité d'élevage. Il s'agissait d'un projet expérimental qui mettait au point et à l'essai une approche intégrée de la conservation et de la gestion du bétail. Cette approche portait simultanément sur l'élevage et la productivité du bétail, le développement des marchés et les politiques économiques, les incitations et les distorsions, les modes traditionnels et évolutifs d'utilisation des ressources et de régime foncier, les politiques et cadres juridiques, le partage des informations et la communication aux niveaux national et international (Fall *et al.*, 2016). L'autre projet était le Projet de Développement de l'Élevage au Sénégal Oriental et en Haute Casamance (PDESOC). Le premier projet a axé sur l'amélioration génétique par la sélection des races locales alors que le deuxième misait sur le croisement via l'insémination artificielle ou l'introduction des races étrangères.

La région de Kolda, située dans la région naturelle de la Casamance, est caractérisée principalement par un système agropastoral. La Casamance compte 42,2% du cheptel bovin dont la grande partie se trouve dans la région de Kolda avec 462 600 têtes et un taux d'exploitation de 4,61% (ANSD, 2010). Ce faible taux d'exploitation signe la logique non commerciale des éleveurs, détenteurs de bovins. Ces éleveurs sont essentiellement issus de l'ethnie Peul, même si d'autres catégories de la population telles que les Mandingues ou les Diolas s'intéressent au bétail comme un moyen de production agricole. Ces autres ethnies élèvent d'autres espèces telles que les porcins, les ovins ou les caprins (Bassene, 2015).

Chez les Peuls, l'élevage des bovidés constitue l'activité principale (Camara, 2013). Pour cette auteure, il constitue l'activité par laquelle l'identité sociale des Peuls coïncide avec l'identité professionnelle d'éleveur. Ainsi, les rôles de l'élevage déterminent les rapports sociaux dans la communauté Peul. En sus d'être un moyen de production, le bétail apparaît comme médiateur des relations sociales. Il est le facteur capital de la reconstitution du tissu social et sa circulation (par prêt, don, dot et héritage) est la condition nécessaire de la perpétuation de la société (Santoir, 1983 cité par Camara, 2013). Selon ce modèle de circulation du bétail, il n'est pas rare d'observer chez les Peuls de Fouladou (pays peul des régions Sud du Sénégal) un grand éleveur assister les petits éleveurs dans la reconstitution de leur troupeau par le don ou le confiage. Ce phénomène est encore plus fréquent à la suite des catastrophes naturelles ou de vol de bétail. Ce système d'assistance traditionnelle permet à l'éleveur bénéficiaire d'assurer les besoins alimentaires en lait de sa famille et le développement de ses activités agricoles par la traction animale et l'utilisation de la fumure. En contrepartie, le bénéficiaire aide le donneur dans la gestion de son troupeau. Le donneur, qui peut être un membre de la famille ou un parent par alliance, est communément appelé « Jarga ». Dans certaines contrées, il est considéré comme le chef du clan ou le chef du village (en effet, dans son déplacement à la recherche des pâturages, il arrive que l'éleveur crée son village appelé d'abord « Sinthia » par sa petitesse et ensuite « Saré » quand celui-ci s'agrandit avec l'installation d'autres éleveurs autour de lui). L'élevage, à l'origine de la création du village, participe de ce fait au tissage des liens sociaux et familiaux du nouveau village. Ainsi, l'acquisition par la dot, l'héritage ou le don fait entrer le bétail dans la structure de parenté et des relations de copropriété entre les éleveurs (Bonfiglioli, 1988). Dans une étude sur les pratiques d'élevage bovine dans la zone d'étude, Bassene (2015) rapporte que 35% des éleveurs sont copropriétaires des animaux qu'ils élèvent. Ainsi, selon ces éléments suscités, deux objectifs sont essentiels pour un éleveur Peul, comme l'indique Camara (2013) : un objectif économique et un mode vie dans lequel se reconnaissent les Peuls pour qui le bétail doit remplir les fonctions sociales. Pour atteindre ces deux objectifs, les éleveurs mettent en œuvre deux pratiques : accumulation du bétail et la mobilité du troupeau (Camara, 2013). Par ailleurs, il est important d'ajouter que pour mettre en œuvre ces pratiques, les éleveurs n'hésitent pas expérimenter d'autres pratiques ou innovations introduites ou endogènes. L'approche méthodologique utilisée dans cette thèse essaiera d'analyser ces pratiques d'éleveurs afin de comprendre les rapports qu'ils entretiennent avec le programme de sélection du bovin N'Dama.

8.2. Approche méthodologique

Un intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle mobilise plusieurs approches dans son investigation.

8.2.1. Approche bibliographique comparative

Une approche comparative est d'abord mobilisée, reposant sur une revue bibliographique des programmes de sélection du bovin N'Dama en Gambie, au Mali et au Sénégal. Il s'agit d'analyser ces programmes selon leur philosophie et leur contexte dans le processus de conception, les stratégies développées et l'implication des parties prenantes pour comprendre leurs succès et leurs échecs. Une limite de cette méthode réside dans l'asymétrie dans la disponibilité des données sur les trois programmes concernés. Notre meilleur accès au terrain du Sénégal donnerait un avantage dans la collecte des données du programme du Sénégal. Ainsi, une comparaison point par point de toutes les données collectées pour le Sénégal avec les autres cas d'étude n'est pas envisageable. L'écriture maintiendra donc un certain équilibre entre les études de cas en limitant le degré de détail délivré sur le cas du Sénégal, sans pour autant négliger totalement les données additionnelles obtenues pour ce cas.

8.2.2. Approche basée sur le relevé des pratiques et des caractéristiques objectives

Les enquêtes et relevés opérés dans les exploitations permettent d'objectiver différentes caractéristiques de l'éleveur et de son système de production. Cette approche part de l'hypothèse qu'il existe au moins une relation entre les innovations adoptées par l'éleveur et ses objectifs de production. La méthode proposée consiste à analyser les interrelations entre les innovations adoptées d'une part et entre les innovations et les objectifs des éleveurs d'autre part. Les innovations et les objectifs sont identifiés et classés par des approches participatives. Ensuite, par l'analyse multivariée classique, la typologie des innovateurs est établie pour caractériser le lien entre des types d'innovateurs identifiés et les différentes voies d'amélioration génétique. Cependant, cette approche basée sur l'analyse des innovations pourrait être diversement comprise par les lecteurs selon la définition qu'ils donnent au terme innovation. En effet, Charreire (2003) nous prévient déjà que ce terme divise les chercheurs et les disciplines. Cela souligne, outre un intérêt diversement apprécié, que le concept est étudié selon différentes perspectives : innovation en tant que « contenu » comme produit ou programme nouveau, ou en tant que « processus ». Cette compréhension diverse des innovations pourrait constituer une limite pour cette approche. Toutefois, pour ce travail, nous retenons explicitement un éventail restreint de catégories pour penser le concept d'innovation comme étant une nouvelle pratique, selon sa nature et son origine : concepts d'innovation technique opposée à innovation institutionnelle, et innovation endogène opposée à innovation exogène. L'usage de ce dernier terme n'occulte pas le fait que toute adoption d'innovation exogène relève d'un processus social endogène, l'acteur n'étant jamais un récepteur passif de l'innovation. Ce processus social dans l'adoption d'une innovation sera d'ailleurs étudié dans l'analyse des motivations des éleveurs.

Cette approche est également mobilisée dans l'analyse des déterminants de la participation au programme, reprenant des facteurs objectivables tels que la distance, les moyens financiers, la taille du troupeau, ou les caractéristiques du système de production. L'analyse est ici statistique, établissant des corrélations entre variables, mobilisées comme élément de réflexion dans l'analyse causale de la participation. Le test exact de Fisher et la régression logistique ont ainsi été mobilisés pour évaluer l'influence des variables identifiées sur la probabilité de participation des éleveurs au programme de sélection. Cette approche est utilisée en complément de l'analyse des discours des éleveurs pour appuyer l'interprétation sur certaines bases objectivables, notamment de l'influence de certains facteurs mesurables tels que la distance et la taille du troupeau.

8.2.3. *Approche basée sur le discours des éleveurs*

Une analyse du discours des éleveurs est voulue ici en complément des analyses susmentionnées afin de comprendre la place des relations socio-culturelles dans les rapports des éleveurs avec le programme de sélection. Nous partons de l'hypothèse qu'au-delà des déterminants statistiques objectivables d'autres obstacles, d'ordre social, culturel ou psychologique, faiblement étudiés, peuvent déterminer la participation des éleveurs dans un programme de sélection. Cette approche a consisté en l'analyse de contenu des récits de trois catégories d'éleveurs, définis en fonction de leur relation avec le programme de sélection : participants, démissionnaires et non-participants. Elle se base sur la méthode de la théorisation ancrée (GTM pour Grounded Theory Method) pour comprendre l'expérience des éleveurs et leur vécu historique dans leur rapport avec le programme de sélection. De façon très schématique, cette méthode vise à laisser émerger des discours les catégories propres à son analyse, cherchant à limiter l'interférence des catégories a priori du chercheur. Elle est de la sorte, par nature, un processus itératif, entre le terrain et l'interprétation du matériel récolté.

L'association de cette approche par l'analyse de discours et de l'approche statistique est proposée ici comme une méthode pertinente pour comprendre les caractéristiques factuelles du sujet d'étude et les considérations normatives des acteurs. Cette étude constitue une application originale de méthodologie mixte pour l'analyse d'un programme de sélection animale. La limite de l'utilisation simultanée de cette méthode mixte comme l'a souligné St. Pierre (2014) est la présence possible de « confusion et contradiction ». Comme l'analysent Baškarada et Koronios (2018), cette contradiction résulte directement de l'intégration médiocre ou peu claire des approches qualitatives et quantitatives. Nous tentons dans le cas présent de mobiliser ces contradictions effectivement rencontrées comme une force de l'étude, servant d'indicateurs de présence de mécanismes plus fins à interpréter et appelant à une itération entre terrain et interprétation.

8.2.4. *Approche axée sur les concepteurs des programmes de sélection et les experts en élevage*

L'analyse des perspectives déclarées par les concepteurs de programmes et experts en élevage permet de comprendre comment le succès d'un programme de sélection dépend de la vision du prescripteur

dans le choix des parties prenantes et de leur collaboration. Dans cette étude, la méthode Delphi est utilisée pour identifier l'opinion des experts sur l'implication des parties prenantes, leurs rôles, leur impact et leurs interactions dans un programme de sélection bovine des pays en développement. Deux types d'analyses sont d'abord mobilisés, une analyse statistique, pour évaluer le consensus et la divergence entre experts et une analyse thématique pour évaluer les arguments et déterminer les rôles des parties prenantes citées par les experts. Ensuite, une analyse factorielle des correspondances est utilisée pour proposer une typologie des parties prenantes en fonction de leurs rôles. Une limite assumée de cette méthode est de n'avoir pas recherché l'avis d'experts évoluant dans d'autres activités de la filière du bovin N'Dama, tels que les bouchers, les commerçants de bétail, les industriels ou les consommateurs. Leur avis pourrait en effet enrichir la compréhension de la dynamique envisageable pour le futur du programme. Néanmoins, nous avons considéré cette étape comme une étape ultérieure de cette compréhension, cherchant d'abord à investiguer les opinions des acteurs effectivement impliqués à l'heure actuelle dans la mise en œuvre des programmes de sélection considérés.

8.2.5. *Approche basée sur la perception des éleveurs sur l'implication des parties prenantes du programme de sélection du bovin N'Dama*

Des études ont montré que l'association des éleveurs dans la définition des objectifs de sélection favorise leur engagement dans le programme de sélection. Notre démarche repose donc sur le postulat qu'impliquer les éleveurs dans le choix des parties prenantes aide à améliorer leurs relations avec ces dernières et donc la pérennisation du programme de sélection. Il s'agit plus directement de comprendre sur quels critères les éleveurs se fondent pour choisir leurs collaborateurs et en quoi leur opinion se forge selon des logiques distinctes de celles mobilisées par les experts. Dans cette étude, des approches participatives ont été utilisées pour identifier les acteurs qui interviennent chez les éleveurs et les parties prenantes pouvant jouer des rôles dans le programme. Par une analyse statistique, l'impact des interventions des acteurs chez les éleveurs est évalué et par une analyse qualitative, la typologie des rôles des parties prenantes dans le programme de sélection selon la vision des éleveurs est établie.

Références

- Abdulai A and Huffman W 2005. The diffusion of new agricultural technologies: The case of crossbred-cow technology in Tanzania. *Amer. J. Agr. Econ.* 87, 645–659.
- Abegaz S, Sölkner J, Gizaw S, Dessie T, Haile A, Mirkena T, Getachew T and Wurzinger M 2014 Optimizing alternative schemes of community-based breeding programs for two Ethiopian goat breeds. *Acta Agraria Kaposváriensis*: Vol 18 Supplement 1, 47-55.
- Alary V, Chalimbaud J and Faye B 2007. Multiple determinants of milk production in Africa: The example of the diversity of dairy farming systems in the Mbarara area (Uganda). *Africa Development* 32, 156–180.
- ANSD, 2013. Rapport général de la population et de l’habitat, de l’agriculture et de l’élevage au Sénégal, Ministère de l’Economie, des Finances et du Plan, 418pp.
- ANSD/SRSD, 2010. Situation économique et sociale de la région de Kolda, 130pp.
- Ayalew W, King JM, Bruns E and Rischkowsky B 2003. Economic evaluation of smallholder subsistence livestock production: Lessons from an Ethiopian goat development program. *Ecological Economics* 45, 473–485.
- Ba Diao M. 1991. Les systèmes d’élevage dans la région des Niayes au Sénégal. II. L’élevage laitier intensif. REF. N°006/ZOOT, ISRA/Dakar Janvier 1991.
- Baškarada S, Koronios A 2018. A philosophical discussion of qualitative, quantitative, and mixed methods research in social science. *Qual Res J* 18:2–21. doi: 10.1108/QRJ-D-17-00042
- Bassene CR 2015. Typologie des systèmes d’exploitation bovine dans la zone d’emprise du Centre de Recherche Zootechnique de Kolda (Sénégal). Mémoire de Licence Professionnelle en Production Animale Faculté des Sciences et Technique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 30 pp
- Bennison JJ, Barton D and Jaitner J 1997. The production objectives and feeding strategies of ruminant livestock owners in The Gambia: implications for policy makers. *Agricultural Systems* 55, 425–444.
- Berti F Renard J and Koné O 1995. Amélioration des pratiques de l’élevage du bétail Ndama en milieu villageois: l’exemple de Madina-Diassa au Sud du Mali. *Tropicultura* 13, 164–169.
- Birner R. 1999. The Role of Agriculture in Agricultural Development In The role of livestock in agricultural development: theoretical approaches and their application in the case of Sri Lanka. 1999 pp.xvi + 320 pp. ref.15 pp. of. Ashgate, Aldershot.
- Bonfiglioli A and Maliki, D. 1988. Histoire de famille et histoire de troupeau chez un groupe de Wodaabe du Niger.- Paris-Cambridge : Cambridge University press, éditions de la Maison des sciences de l’Homme. 293 pp.

- Bosso NA, Corr N, Njie M, Fall A, van der Waaij EH, van Arendonk JAM, Jaitner J, Dempfle L and Agyemang K 2007. The N'Dama cattle genetic improvement programme: a review. *Animal Genetic Resources Information* 40, 65–69.
- Bosso NA, van der Waaij EH, Kahi AK and van Arendonk JAM 2009. Genetic analyses of N'Dama cattle breed selection schemes. *Livestock Research for Rural Development* 21.
- Boujenane I. 2002. Les races bovines au Maroc. Actes Editions, Rabat, 144 p. ISBN : 9981-801-52-6.
- Boye 2005. Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal 1964-2004., ISRA - SEN, ITA [Institut de technologie alimentaire] - SEN, CIRAD - FRA. 2005. Dakar : ISRA, 522 p. ISRA 2005. 522 pp.
- Camara Y 2012. Analyse génétique des performances zootechniques des bovins de race N'Dama et étude du système d'amélioration génétique à noyau ouvert. Institut Vétérinaire et Agronomique Hassan II, Rabat, Maroc, 134pp.
- Camara DA 2013. Le rapport au changement en société pastorale. Le cas des éleveurs du Ferlo et de Colonnat., 234pp.
- Chabi R and Toko 2016. Place de l'élevage bovin dans l'économie rurale des peuls du Nord Benin. Université de Liège, 234pp.
- Charreire S. 2003. Les innovations en tant qu'objets d'apprentissage organisationnel : Une mise en perspective In XIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique 1–26.
- Corniaux C, Vatin F, Faye B. 2006. Gestion du troupeau et droit sur le lait : prise de décision et production laitière au sein des concessions sahéliennes. - *Cahiers Agricultures*, 15, pp. 515- 522
- Denis J. and Mbaye M 1985. Note sur la situation de l'insemination artificielle au Sénégal. ISRA, 1985, Dakar/Sénégal.
- Diop M, Sissokho MM and Niang S 1993. Mise En Place D ' Un Schema De Selection a Noyau Ouvert Pour L ' Amelioration Genetque Du Taurin Ndama : Resultats Du " Screening " Des Vaches Exceptionnelles Dans L E Departem Ent De Kolda (Sénégal). 23.
- Drucker AG, Gomez V and Anderson S 2001. The economic valuation of farm animal genetic resources: A survey of available methods. *Ecological Economics* 36, 1–18.
- Duguma G 2010 Participatory definition of breeding objectives and implementation of community-based sheep breeding programs in Ethiopia. PhD thesis, Austria, Veinna, 101pp.

- Duguma G, Mirkena T, Haile A, Okeyo AM, Tibbo M, Rischkowsky B, Sölkner J and Wurzinger M 2011 Identification of smallholder farmers and pastoralists' preferences for sheep breeding traits in Ethiopia: Choice model approach. *Animal*, 5, 1984– 1992..
- Erbe M, Reinhardt F, Simianer H 2011. Empirical determination of the number of independent chromosome segments based on cross-validated data. In *Proceedings of the 62nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Stavanger.
- Ejlertsen M, Poole J and Marshall K 2013. Traditional breeding objectives and practices of goat, sheep and cattle smallholders in The Gambia and implications in relation to the design of breeding interventions. *Tropical animal health and production* 45, 219–229.
- Fall A, Fadiga M, Ayantunde K, Marshall K. and Said M. 2016. Sustainable management of endemic ruminant livestock of West Africa and their environment. ILRI Project Report, Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute (ILRI).
- Fall A, Diop M, Sandford J, Wissocq YJ and Trail JC. 1982. Evaluation des productivités des ovins Djallonké et des taurins N'Dama au centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal. Addis Ababa, Ethiopia.
- FAO 2006. Livestock's role in climate change and air pollution In *Livestock's long shadow Climate*. 80–123.
- FAO 2007. Socio-Economic Analysis and Policy Implications of the Roles of Agriculture in Developing Countries: The Roles of Agriculture in Development : Policy Implications and Guidance. 27.
- FAO 2009. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. 202 Pp Rome 2009.
- FAO 2010. Stratégies d'amélioration génétique pour la gestion durable des ressources zoogénétiques. Directives FAO: Production et santé animales. Numéro 3. Rome.
- FAO 2015. The second report on the state of the world ' s on the state of the world's. Rome.
- Faye B and Alary V 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du sud. *Productions Animales* 14, 3–13.
- Faye B 2001. Le rôle de l'élevage dans la lutte contre la pauvreté. - *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 54 (3- 4) : 231-238
- Fereja GB and Resource N 2016. The impacts of climate change on livestock production and productivities in developing countries : A REVIEW. *International Journal of Research Granthaalayah* 4, 181–187.

Haile A, Wurzinger M, Mirkena T, Duguma G, Mwai O and Rischkowsky B 2011. Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Lessons and experiences for sheep breeding.

Herrero M, Grace D, Njuki J, Johnson N, Enahoro D, Silvestri S and Rufino MC 2013. The roles of livestock in developing countries. *Animal* 7, 3–18.

Hoffmann I 2010. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 41, 32–46.

Ilatsia ED 2011. Breeding Strategies for Sahiwal Cattle Genetic Resources in Kenya Breeding Strategies for Sahiwal Cattle Genetic Resources in Kenya., 141pp.

Ilatsia ED, Roessler R, Kahi AK, Piepho HP and Zárte V 2012. Production objectives and breeding goals of Sahiwal cattle keepers in Kenya and implications for a breeding programme. *Tropical Animal Health and Production* 44, 519–530.

Jabbar MA, Husain SS, Islam SMF, Amin MR, Khandaker MAMY, Bhuiyan AKFH, Ali SZ and Faruque O 2010. Stakeholder Perspectives on Breeding Strategy and Choice of Breeds for Livestock Development in. 39, 20–43.

Kahi AK, Rewe TO and Kosgey IS 2005. Sustainable community-based organizations for the genetic improvement of livestock in developing countries. *Outlook on Agriculture* 34, 261–270.

Kamuanga M, Tano K, Pokou K, Jabbar M, Swallow B and D 'ieteren G 1999. Farmers' preferences of cattle breeds, their market values and prospects for improvement in West Africa : A summary review. In In : K R Sones (ed): Proceedings of the 25th Meeting of the International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control (ISCTRC), pp. 271–298. September 1999. Publication No 120, Stockwatch Ltd, Nairobi, Kenya., Mombasa, Kenya.,

Köhler-rollefson I 2005. Deserted biodiversity: Why pastoralists need help to conserve livestock biodiversity. Annual Report.

Kosgey IS, Baker RL, Udo HMJ and Arendonk JAM van 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. *Small ruminant research : the journal of the International Goat Association* 61, 13–28.

Horowitz, M. 2001. The culture role of agriculture: scope documentation and measurement. Paper presented to First Expert Meeting on the Documentation and Measurement of Roles in Agriculture in Developing Countries. FAO. Rome.

Labatut J, Bibé B, Aggeri F and Girard N 2012. Coopérer pour gérer des races locales : conception, rôles et usages des instruments scientifiques de sélection. *Natures Sciences Sociétés* 20, 143–156.

- Le Houérou, H.N and Gillet, H. 1985. Conservation versus desertization in African Arid Lands. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Conservation Biology. Ann Arbor, Michigan
- Leroy G, Baumung R, Notter D, Verrier E, Wurzinger M and Scherf B 2017. Stakeholder involvement and the management of animal genetic resources across the world. *Livestock Science* 198, 120–128.
- Ly Ch 1989. Perspectives de développement de l'élevage au Sénégal: Repères sur l'évolution, les réalités et les perspectives de l'élevage des bovins et petits ruminants. *Reflexions et Perspectives* 1, 1–59.
- Madalena FE, Agyemang K, Cardellino RC and Jain GL 2002. Genetic improvement in medium to low-input systems of animal production. Experiences to date. In Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, pp. 331–340.
- MEPA (Ministère de l'élevage et des productions animales) 2012. Stratégie de développement de l'élevage au Sénégal. Dakar/Sénégal.
- MEPA (Ministère de l'élevage et des productions animales) 2016. Plan National de Développement de l'Elevage. Dakar/Sénégal.
- Minvielle F 1990. Principes d'amélioration génétique des animaux domestiques. Presses Université Laval.
- Okouyi MWM 2018. Application des progestagènes à la gestion hormonale de la reproduction chez la femelle bovine de la race N'Dama au Gabon, Thèse de doctorat en Médecine vétérinaire & santé animale, Université de Liège, 174 pp et annexes.
- Philipsson J, Rege J, Zonabend E and Okeyo AM 2011. Sustainable breeding programmes for tropical low- and medium input farming systems. In: *Animal Genetics Training Resource*, version 3, 2011. Ojango, J.M., Malmfors, B. and Okeyo, A.M. (Eds.), 1–35.
- Riethmuller P 2003. The social impact of livestock : A developing country perspective. *Animal Science Journal* (2003) 74, 245–253.
- Rege JEO and Gibson JP 2003. Animal genetic resources and economic development: Issues in relation to economic valuation. *Ecological Economics* 45, 319–330.
- Rege JEO, Marshall K, Notenbaert A, Ojango JMK and Okeyo AM 2011. Pro-poor animal improvement and breeding - What can science do? *Livestock Science* 136, 15–28.
- Roosen J, Fadlaoui A and Bertaglia M 2005. Economic evaluation for conservation of farm animal genetic resources. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122, 217–228.

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

Robinson, T.P., Thornton P.K., Franceschini, G., Kruska, R.L., Chiozza, F., Notenbaert, A., Cecchi, G., Herrero, M., Epprecht, M., Fritz, S., You, L., Conchedda, G. & See, L. 2011. Global livestock production systems. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Livestock Research Institute (ILRI), 152 pp.

Santoir, C. 1983. Raison pastorale et politique de développement : les Peuls sénégalais face aux aménagements.- Travaux et documents de l'ORSTOM Numéro 166.

Seck, M., Marshall, K. et Fadiga, M.L. 2016. Cadre de politique pour le développement de la filière laitière au Sénégal. ILRI project report. Nairobi, Kenya: Institut International de Recherche sur l'Elevage.

Selmi A et Joly P 2014. Les régimes de production des connaissances de la sélection animale . Ontologies , mesures ,. *Sociologie du travail* 56, 225–244.

Selmi A, Joly P and Remondet M 2014. Natures Sciences Sociétés La construction d ' un « animal nouveau » : la sélection génétique entre production de savoirs , marchés et action collective. *Natures Sciences Sociétés* » 22, 1240–1307.

Siddo S 2017. Evaluation socio-économique du potentiel de diffusion du zébu Azawak sélectionné au Niger Socio-economic evaluation of the diffusion potential of the purebred Azawak zebu in Niger. Liege, Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Département de productions Animales, Service de sélection Animale, Economie Rurale., 145pp.

Siddo S, Moula N and Hamadou I 2018. La croissance du bovin Azawak au Niger : influence de facteurs de variation non génétiques et estimation des paramètres génétiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 22, 84–93.

Siddo S, Moula N, Hamadou I, Issa M, Marichatou H, Leroy P and Antoine-Moussiaux N 2015. Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger. *Archiv Tierzucht* 58, 251–259.

Sissokho M. M., Diop M., Niang S. 1993. Mise en place d'un système de sélection à noyau ouvert pour l'amélioration génétique du taurin Ndama. Résultats du dépistage des vaches exceptionnelles dans les troupeaux villageois du département de Kolda (Sud du Sénégal). In : « Le Bétail trypanotolérant », N°6 Juin 1993.

Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C 2006. Livestock's Long Shadow. The Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD). FAO, Rome.

St. Pierre EA 2014. A Brief and Personal History of Post Qualitative Research Toward Post Inquiry. *J Curric Theor* 30:2–19

Thornton PK 2010. Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, 2853–2867.

Thornton PK, van de Steeg J, Notenbaert A and Herrero M 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems* 101, 113–127.

Tisdell C 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: Analysis and assessment. *Ecological Economics* 45, 365–376.

Tittonell P, Muriuki A, Shepherd KD, Mugendi D, Kaizzi KC, Okeyo J, Verchot L, Coe R and Vanlauwe B 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa – A typology of small farms The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa – A typology of smallholder farms. *Agricultural Systems* 103, 83–97.

UNPD 2008. Le renforcement des capacités : l'habilitation des gens et des institutions, rapport annuel annuel 2008.

Wall E, Simm G and Moran D 2010. Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal* 4, 366.

Wurzinger M, Escareño L, Pastor F, Salinas H, Iñiguez L and Sölkner J 2013. Design and implementation of a community-based breeding program for dairy goats in Northern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 16, 289–296.

Zoundi J.S., Butaré I., Ndikumana J.N. et Adomefa K. (ed). 2006. Integration agriculture-elevage alternative pour une gestion durable des ressources naturelles et line amelioration de l'économie familiale en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ouagadougou INERA, Nairobi ILRI, Dakar : CORAF/WECARD. 374 pp.

Section études

Section études

Etude 1 :

**Programmes de sélection du bovin N'Dama en Afrique de
l'Ouest : cas du Sénégal, du Mali et de la Gambie**

Préambule

L'objectif de ce premier chapitre est de faire une revue critique des programmes de sélection de bovin N'Dama en Afrique de l'Ouest en mettant en évidence les manquements et les réussites des stratégies mises en œuvre ainsi que leurs facteurs de succès et d'échec. Une approche comparative a été mobilisée, reposant sur une revue bibliographique des programmes de sélection du bovin N'Dama en Gambie, au Mali et au Sénégal. L'étude consistait d'abord en une analyse séparée de chaque programme selon son contexte, ses objectifs, les stratégies développées et l'implication des acteurs. Sur cette base, une discussion a été réalisée sur les points forts et faibles des programmes. Enfin, les opportunités pouvant améliorer les stratégies actuelles ont été identifiées. Ce chapitre est écrit sous forme d'article et est soumis pour publication.

Chapitre I. Programmes de sélection du bovin N'Dama en Afrique de l'Ouest : Cas du Sénégal, du Mali et de la Gambie

Younouss Camara^{1,2} Mouhamadou Moustapha Sissokho², Moussa Sall², Frédéric Farnir^{1,3}, Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3}

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

2 Institut Sénégalais de Recherche Agricole, Bel Air, routes des hydrocarbures -, BP 3120 Dakar, Sénégal

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

Ce chapitre est rédigé en français sous forme d'article prêt à être soumis. Certaines répétitions sont donc à noter avec les sections introductives, afin d'en permettre la lecture indépendamment du reste de cette dissertation.

Résumé

La sélection génétique est une voie pour augmenter la productivité des races endémiques des environnements hostiles. La trypanotolérance du bovin N'Dama a été l'argument central de la mise en œuvre des programmes de sélection de cette race en Gambie, au Mali et au Sénégal. Ces programmes ont eu des trajectoires différentes selon les objectifs, le processus de conception et les stratégies développées. L'analyse de ces trajectoires aiderait à mieux comprendre leurs succès et leurs échecs. Pour ce faire, une étude comparative de ces programmes est réalisée en se basant sur une littérature scientifique publiée et non publiée (rapports, mémoires et thèses) et des entretiens avec les acteurs (éleveurs, techniciens des services de l'élevage et scientifiques). L'analyse a d'abord consisté en la description de chaque programme selon ses objectifs, sa stratégie et le niveau d'implication des éleveurs. Une discussion est ensuite menée pour évaluer les facteurs de succès et d'échec. Cette analyse a montré que ces facteurs dépendent de l'intérêt des éleveurs en lien avec leurs objectifs de production et leurs pratiques, de la stratégie utilisée tenant compte de l'intégration ou non de la trypanotolérance dans les critères de sélection et des ressources financières et humaines mises à la disposition des programmes. Ces trois programmes de sélection ont aussi généré un capital d'expériences dont la valorisation permettrait d'améliorer les systèmes actuels et bâtir des programmes durables de sélection pour les systèmes d'élevage à faibles niveaux d'intrants dans les pays en développement.

Mots clés : amélioration génétique, taurin N'Dama, Gambie, Mali, Sénégal

1. Introduction

Parmi les races bovines présentes en Afrique de l'Ouest, le taurin N'Dama est élevé pour valoriser des vastes étendues de territoires de savanes humides et infestées par des glossines, vecteur de la trypanosomose (Jahnke *et al.*, 1988). Cet environnement hostile lui a conféré une certaine capacité d'adaptation et de résistance aux maladies, traduite particulièrement par la trypanotolérance qui est une aptitude de l'animal à travailler et à produire malgré l'infestation par le trypanosome (Naessens, 2006). Ils sont en outre résistants à d'autres pathologies (streptothricose, maladies transmises par les tiques, helminthoses), aux stress thermique, alimentaire et hydrique (d'Ieteren *et al.*, 1998). Par conséquent, les difficultés de la lutte contre la trypanosomose, du fait de la solidité de la triade pathogène-vecteur-hôte et les pertes occasionnées par cette maladie (500 millions de dollars US par année à l'échelle sous régionale), font de cet animal une race de choix pour les petits éleveurs des écosystèmes humides (Dempfle, 1993 ; Ehui *et al.*, 2003). Toutefois, en dépit de sa remarquable adaptation à cet environnement de production risqué, le bovin N'Dama ne rencontre pas les objectifs de production laitière des pays de l'Afrique de l'Ouest. Ses performances de production sont en effet faibles, avec 0,66 kg de lait par jour pendant 3 à 5 mois de lactation et un rendement moyen d'abattage de 145 kg de viande par animal (Aboagye, 2002; Dieye *et al.*, 2002). Ainsi, la mise en place de programmes d'amélioration génétique des performances de production de cette race est devenue l'une des stratégies de ces pays.

Plusieurs programmes de sélection des animaux de race locale ont été initiés (Fall *et al.*, 1982; Planchenaud *et al.*, 1984, Dempfle et Jatner 2000). Ceux concernant le bovin de race N'Dama ont été développés au Sénégal en 1972 (Fall *et al.*, 1982), au Mali en 1975, connu sous le nom de l'opération N'Dama de Yanfolila (Tamboura *et al.*, 1982; Berti *et al.*, 1995), et en Gambie en 1994 (Dempfle et Jantner, 2000; Bosso *et al.*, 2007). Ces trois programmes, démarrés dans des conditions différentes, ont fait l'objet d'un appui par la Banque Africaine de Développement (BAD) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en 2008, dans le cadre du Projet de Gestion Durable du Bétail ruminant Endémique (PROGEBE). Plusieurs études se sont intéressées à l'évaluation de ces programmes à travers l'analyse des performances zootechniques et génétiques du bovin N'Dama (Fall *et al.*, 1982 ; Planchenaud *et al.*, 1984 ; Bosso *et al.*, 2009 ; Camara, 2012). Cependant, seul le cas de la Gambie a fait l'objet d'une étude, menée par Bosso *et al.* (2007), proposant une évaluation du programme centrée sur les stratégies de sélection mises en œuvre, son mode de fonctionnement et la participation des éleveurs et des autres parties prenantes.

L'objectif de cette étude est de faire une revue critique de ces programmes de sélection en mettant en évidence les manquements et les réussites des stratégies mises en œuvre ainsi que leurs facteurs de succès et d'échec. Ceci permettra d'identifier des opportunités d'amélioration des schémas actuels.

2. Matériels et méthodes

2.1. Collecte des informations

Cette étude se base sur une analyse bibliographique de la littérature scientifique publiée (articles scientifiques, livres et chapitres de livre) et non publiée ou grise tels que les fiches techniques, les mémoires et les thèses, et de l'exploitation de tout autre document réalisé dans le cadre de ces programmes (rapports d'activités de recherche et de projets, comptes rendus de mission et procès-verbaux des réunions). Les informations complémentaires sur les programmes du Sénégal sont issues des discussions avec des personnes ressources (chercheurs, agents d'élevage et éleveurs) et des observations réalisées à l'occasion des réunions auxquelles nous avons participé avec des acteurs du programme de sélection (éleveurs, agents de l'élevage et chercheurs). Concernant les cas du Mali et de la Gambie, ces informations complémentaires ont été collectées par des échanges de courriers électroniques avec des personnes ressources (chercheurs et responsables des centres de multiplication de bétail).

Cette approche a donné plus d'informations sur le programme de sélection du Sénégal que sur les deux autres. Cela a ainsi créé un déséquilibre dans la description de ces programmes.

2.2. Analyse des informations collectées

L'analyse s'est focalisée sur les stratégies développées pour mener ces programmes. Dans un premier temps, le programme de chaque pays est décrit séparément. La recherche a été orientée sur le contexte d'implantation, le financement, les objectifs visés, les stratégies de sélection mises en œuvre et sur l'implication des autres services techniques (services d'élevage, projets et ONG) et des éleveurs dans le processus (repeuplement et contribution à la gestion des noyaux de sélection, dissémination du progrès génétique). Pour compenser le déséquilibre observé dans la description des programmes, nous avons axé dans un second temps la discussion générale sur l'identification des points forts et faibles des schémas exécutés et sur les opportunités pouvant contribuer à améliorer les stratégies actuelles. L'analyse de l'adéquation des objectifs de sélection avec ceux des éleveurs et aux particularités zootechniques et génétiques du bovin N'Dama a également été menée.

3. Description phénotypique et particularité génétique du bovin N'Dama

Parmi les races bovines élevées en Afrique de l'Ouest, le bovin N'Dama est considéré parmi les plus rustiques. Il appartient au groupe des taurins qui se caractérise par l'absence de bosse adipeuse au niveau du garrot. Sur le plan phénotypique, la race présente par ses cornes en lyre, à section ronde, une tête courte et large présentant un profil droit et un museau fréquemment noir (Doutresoulle, 1947 ; Coulomb, 1976 ; Sokouri, 2010). La robe présente une diversité de colorations : fauve, blanche, blonde, mousse ou pie fauve (Touré, 1977; Sokouri, 2010). Le format du corps est rectiligne et elliptométrique avec un tronc ample et trapu (Coulomb, 1976). La conformation générale est considérée comme trapue chez le taureau (Touré, 1977). La taille au garrot varie de 108 à 117 cm pour les animaux adultes (Choquel,

1969 ; Coulomb, 1976) et le périmètre thoracique de 140 à 170 cm (Sokouri *et al.*, 2010 ; Akouango, 2010). Originaire des massifs montagneux du Fouta Djallon en Guinée, le bovin N'Dama est essentiellement rencontré dans les régions humides et forestières infestées de glossines (Pagot, 1985 ; Jahnké, 1982 ; Vaucel *et al.*, 1963 ; Coulomb, 1976). Il est aussi trouvé dans les pays d'Afrique Centrale (République du Congo, République Démocratique du Congo ou Gabon) où il avait fait l'objet d'introduction du fait de sa grande résistance aux maladies parasitaires en général et à la trypanosomose en particulier (Shaw and Hoste, 1991). Dans ces régions humides du bassin de Congo, le bovin N'Dama a montré une grande capacité de résistance et d'adaptation en un environnement hostile. Un programme d'amélioration génétique a créé un type N'Dama labellisé JVL. Les poids des veaux de ce type génétique peuvent avoisiner 20 à 25 kg à la naissance, en comparaison des poids moyens de 17 kg observés dans le noyau de sélection du Sénégal (Camara, 2012 ; Akouango *et al.*, 2010 ; Schmitz, 1985). Le label JVL N'Dama montre ainsi la capacité de cette race à répondre à la sélection si elle est mise dans les conditions d'élevage favorables (Akouango *et al.*, 2010). Comparé aux autres races taurines, le bovin N'Dama présente un poids adulte moyen de 270-320 kg supérieur aux autres races trypanotolérantes telles que le Liberian Dwarf et le Baoulé, qui ont des poids moyens de 190 kg (Okouyi M'foumou W'otari, 2018 ; Youssouf, 2015). Par contre, ces derniers sont plus précoces que la femelle N'Dama, avec un âge au premier vêlage de 25 à 26 mois contre une moyenne de 36 mois pour le bovin N'Dama (Youssouf, 2015 ; Okouyi *et al.*, 2014). Sur le plan génétique, une des caractéristiques essentielles de la N'Dama est sa trypanotolérance, c'est-à-dire, son aptitude à vivre et produire dans un milieu naturel infesté de glossines, vecteur du trypanosome, et d'héberger des trypanosomes pathogènes sans présenter des signes cliniques majeurs de la maladie (Coulomb *et al.*, 1977). Ceci est lié à la capacité de la N'Dama de limiter d'une part son niveau de parasitémie (caractère de résistance) et d'autre part de limiter les conséquences pathologiques de l'infestation, comme l'anémie (caractère de tolérance sensu stricto) (Naessens, 2006). Le caractère de trypanotolérance, dont le déterminisme génétique est encore incomplètement caractérisé, varie entre sous-types de la race N'Dama (van der Waaij *et al.*, 2003). Cette tolérance n'est en outre pas totale, les travaux de Fall *et al.* (2002) ayant par exemple montré la réduction des performances au travail des taureaux N'Dama infectés artificiellement par les trypanosomes. Il est en outre observé une réduction de la capacité de tolérance des animaux suite à l'amélioration de leurs performances de production (Planchenault *et al.*, 1984). Le degré de trypanotolérance dépendra également de l'état de santé général de l'animal, un stress nutritionnel ou physique pouvant causer l'extériorisation de signes de la maladie ou la réduction de productivité d'animaux jusqu'alors en situation de tolérance d'infestations préexistantes.

Cependant, malgré cette résistance, des études réalisées au Mali indiquaient que le bovin N'Dama présentait aux yeux des éleveurs une faible valeur marchande (vente sur pied et vente de lait) comparé aux zébus ou aux croisés zébu x N'Dama et qu'en cas de pénurie, ces derniers ont un score alimentaire élevé pour les éleveurs (Traoré *et al.*, 2018). Ces auteurs indiquaient dans une autre étude l'avantage du

bovin N'Dama pour une forte valeur non marchande (consommation de lait et de la viande, fumure, force de traction, assurance et épargne) (Traoré *et al.*, 2018). Cet avantage est dû à sa grande capacité de résistance et d'adaptation, expliquant la préférence des éleveurs ayant des logiques d'élevage de subsistance (Traoré *et al.*, 2016 ; Traoré *et al.*, 2018).

Cette tolérance vis-à-vis de la trypanomose a été le motif principal de la mise en place des programmes de sélection du taurin N'Dama en Afrique de l'Ouest.

4. Amélioration génétique du bovin N'Dama au Sénégal

4.1. Objectifs du programme

Le programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal a été mis en place en 1972 dans la zone subhumide au Sud du pays, en Casamance, à Kolda. Le programme a bénéficié du soutien financier du Fonds Africain de Coopération (FAC) et de l'État Sénégalais. L'objectif de départ était d'améliorer la qualité bouchère de la race (Fall *et al.*, 1982). Cet objectif a été défini par les initiateurs du programme en se basant sur la politique nationale du moment et sur la littérature alors disponible sur le bovin N'Dama. L'objectif initial retenu s'est vite montré en inadéquation avec ceux des éleveurs pour lesquels le lait représente une valeur alimentaire, monétaire et culturelle majeure. A partir de 1990, la traite fut introduite dans le noyau de sélection pour d'une part, obtenir une estimation des performances de production laitière et sa prise en compte dans les objectifs de sélection, et d'autre part, se rapprocher des pratiques d'élevage en vigueur en milieu traditionnel (Fall *et al.*, 1992). C'est ainsi qu'en 1991, le programme de sélection, dans la mise en œuvre d'un nouveau système dénommée SAGNO (Système d'Amélioration Génétique à Noyau Ouvert), afficha l'amélioration des capacités laitières et de trypanotoréance dans ses objectifs, en plus de celle des aptitudes bouchères (Diop *et al.*, 1993). Mais il convient de mentionner que l'objectif concernant la trypanotolérance n'a pas été concrétisé dans les activités de sélection.

En prélude à la reprise du programme en 2008 après une période de 10 ans d'inactivité, une étude sur l'état des lieux des ressources zoogénétiques dans la zone d'élevage du bovin N'Dama, menée par International Livestock Research Institute, a réévalué les objectifs d'élevage selon une approche participative (ILRI, 2010). Ainsi, les objectifs primaires que sont la production de lait et les performances bouchères ont été maintenus tout en tenant compte de la préservation des caractères de trypanotolérance du bovin N'Dama et de l'importance culturelle et socio-économique de l'élevage des bovins (épargne, assurance, dot et don).

4.2. Schémas de sélection

Le programme de sélection a expérimenté deux schémas selon les difficultés et les opportunités qu'il a rencontré. Un schéma de sélection à noyau fermé a d'abord été adopté. Il reposait sur un troupeau élevé en station, composé de différents lots, alloués à la reproduction ou aux testages collectif et individuel. Les produits issus de la reproduction et retenus selon des critères de performances pondérales et de

conformation étaient destinés à être diffusés dans les troupeaux villageois (Sissokho *et al.*, 1993). D'un troupeau de fondation de 147 bovins (139 femelles, 8 mâles) avec taux de consanguinité ΔF de départ de 0,016, l'effectif du noyau de sélection s'est stabilisé à environ 400 têtes dans les années 1990. Le système fonctionnait sur la base d'un schéma fermé à deux niveaux : le noyau de sélection où le progrès génétique est produit et les troupeaux des éleveurs où il est diffusé.

Pendant cette phase, le programme a bénéficié de l'appui financier de bailleurs étrangers dans le cadre du financement global de la recherche agricole (FAC, FAO, USAID).

L'évaluation faite par Fall *et al.* (1982) de ce schéma a montré une évolution de la croissance des animaux sélectionnés par rapport aux ceux non sélectionnés (GQM entre la naissance et 24 mois de 284 g/j contre 259 g/j respectivement). Toutefois, des limites et des hypothèses ont été émises dès 1987 quant à son impact sur la productivité des troupeaux villageois. Parmi les manquements alors identifiés figuraient l'absence de la production laitière dans les objectifs de sélection, le défaut d'implication des éleveurs dans le processus de sélection et la taille restreinte du noyau, limitant la pression de sélection praticable et entraînant la réduction de la diversité génétique et l'augmentation de la consanguinité (Diop *et al.*, 1993; Sissokho *et al.*, 1993; Camara, 2012). Sur base de ce diagnostic, il a été décidé d'adopter un système à noyau ouvert, qui sera testé au début des années 1990.

Le système de sélection à noyau ouvert comporte deux variantes qui se distinguent essentiellement par le niveau d'organisation et d'implication des éleveurs (simple apport de vaches dans le noyau ou implication plus profonde des éleveurs dans la gestion du noyau) et le nombre d'étages composant la structure du schéma.

De 1991 à 1996, un système de sélection à noyau ouvert à deux étages a été appliqué. Ce système reposait sur trois étapes essentielles : (1) le dépistage des vaches exceptionnelles, futures mères à taureaux dans les troupeaux villageois et leur intégration dans le noyau de sélection, (2) l'élevage et le testage en station d'un noyau de sélection et (3) l'utilisation des taureaux sélectionnés comme géniteurs dans les troupeaux des éleveurs (Diop *et al.*, 1993). Durant la première phase de test, exécutée entre 1991 et 1993 avec l'appui financier de la FAO, 5.387 vaches en lactation ont été choisies comme base de sélection sur un effectif global de 20.863 têtes visitées comprenant 9.875 reproductrices. Ces animaux étaient répartis dans 326 troupeaux appartenant à 138 villages répartis dans huit communautés rurales de la région de Kolda. Au total, 367 vaches en lactation ont été identifiées par les éleveurs comme bonnes laitières. A la suite des contrôles laitiers, 55 vaches ont rejoint le centre.

Prenant le relais du financement de la FAO arrivé à terme, l'USAID, à travers le projet de recherches agricoles basé sur la gestion des ressources naturelles a permis la poursuite du programme selon la même stratégie de 1995 à 1997. A la suite de la cessation des financements de l'USAID, le programme est entré en période de léthargie, maintenant les troupeaux sans conduite d'opération de sélection.

A sa reprise en 2008, à l'occasion de l'appui de la BAD dans le cadre du Projet de Gestion durable du Bétail ruminant Endémique (PROGEBE), le schéma de sélection a de nouveau varié pour adopter un système de sélection à noyau ouvert à trois étages. Un des objectifs opérationnels du schéma est de maintenir la taille du noyau de sélection à 200 femelles avec 4 mâles pour un ΔF égal à 0,039. Ce système autorise l'introduction des jeunes taurillons (12 à 24 mois) issus des meilleures vaches des éleveurs pour subir un testage dans le noyau. Les trois niveaux sont : le noyau de sélection où le progrès génétique est produit, le troupeau de multiplication détenu par les éleveurs de la coopérative des agroéleveurs sélectionneurs du bovin N'Dama (CASE N'Dama) pour le multiplier et les troupeaux commerciaux (ou villageois) pour le diffuser. C'est là le schéma encore en vigueur actuellement.

4.3. Processus et critères de sélection

La sélection des vaches futures mères à taureaux se fait en trois étapes. La première sélection est faite par les éleveurs. Il s'agit, lors d'une première visite, d'identifier les vaches qui ont une bonne production laitière ainsi qu'une carrière de reproduction satisfaisante sur la base des déclarations de l'éleveur. Cette première étape permet aussi de recueillir d'autres informations sanitaires et zootechniques sur le troupeau. Des passages ultérieurs en ferme permettent d'effectuer un contrôle laitier sur les femelles éligibles afin de confirmer ou d'infirmer le jugement de l'éleveur. Le choix final des reproductrices se fait selon une analyse statistique des données issues du contrôle laitier. Des corrections opportunes des données de production de lait recueillies sont réalisées selon les facteurs de variation (âge de l'animal, nombre de vêlages, stade de lactation) (Sissokho *et al.*, 1993) en vue de classer les vaches selon leur mérite et limiter les effets environnementaux (stades de lactation, saison de vêlage, rang de vêlage). Cependant, la prise en compte de l'hématocrite, paramètre mesurant l'anémie qui est une conséquence de la trypanosomose, dans l'index de sélection a été envisagée pendant la phase du schéma à noyau ouvert. Elle n'a pas été utilisée de façon pratique, les opérateurs ayant jugé que le choix des animaux sur la croissance permettait en même temps de choisir les animaux trypanotolérants étant donné la corrélation positive variant de 0,40 à 0,70 entre l'hématocrite et la croissance (Abenga et Vuza, 2005).

Les animaux sont alors transférés dans le noyau de sélection pour la suite du testage. Lors de la mise en œuvre du premier schéma à noyau fermé, les critères portaient sur le gain quotidien moyen (GQM), de 6-18 mois et de 18 à 24 mois, une analyse de la qualité spermatique et sur la conformation (Fall *et al.*, 1982). Cependant, la couleur fauve de la robe, présumée être un indice de trypanotolérance (Touré *et al.*, 1977), avait aussi été prise en compte durant les premières années du programme. Selon le chercheur responsable du programme, l'une des limites dans l'exécution de ce premier schéma était que le choix pouvait être opéré parmi des animaux de différents âges sans ajustement de l'effet lié à l'âge.

Actuellement, la sélection finale se fait à 36 mois et le testage en deux étapes, dites de présélection et de sélection. Les mâles sont ainsi séparés des mères à l'âge de 6 mois pour rentrer dans un troupeau collectif de pré-sélection où ils sont pesés chaque mois jusqu'à l'âge de 18 mois. Les animaux qui ont un poids supérieur à 150 kg sont retenus pour le testage individuel, par suivi du GQM de 18 à 36 mois,

qui constitue l'étape de sélection. Cette étape se déroule dans des enclos individuels pour le contrôle de croissance. Les animaux non-retenus à 18 mois sont castrés et/ou reformés à d'autres fins. A 36 mois, le ou les deux meilleurs taureaux du groupe de sélection individuelle passent dans le troupeau de reproduction du noyau et les autres sont cédés comme géniteurs aux éleveurs afin d'améliorer la productivité des troupeaux villageois.

Les jeunes femelles restent dans le troupeau des génisses jusqu'à l'âge de 18-23 mois pour rejoindre un troupeau de reproduction différent cependant de celui de leurs géniteurs. Les génisses trop petites ou trop faibles sont réformées.

Le classement final des animaux se fait selon une analyse statistique utilisant la méthode des moindres carrés de Harvey (1940) en éliminant les effets des facteurs environnementaux liés au sexe, à la saison de naissance, à l'âge et au rang de vêlage de l'animal, et au nombre de vêlages et au stade de lactation de la mère jusque dans les années 90. En 2012, une analyse génétique à l'aide de la méthode BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) a été effectuée (Camara, 2012). Cette analyse a montré un gain génétique annuel de 0,430 kg pour le poids adulte à 36 mois, alors que l'héritabilité estimée variait de 0,07 pour le poids à la naissance à 0,12 pour celui de 24 mois (Camara, 2012).

4.4. Implication des éleveurs dans le programme

Lors du schéma de sélection à noyau fermé, la diffusion des géniteurs dans les troupeaux se faisait par vente par le centre. Durant la phase test d'ouverture du noyau entre 1991 et 1996, les éleveurs ont bénéficié d'échanges de géniteurs contre l'introduction de leurs vaches dans le noyau.

Depuis 2008, suite à la redynamisation du programme, les éleveurs sont organisés en coopérative d'agroéleveurs sélectionneurs de la N'Dama (CASE NDAMA). Son rôle est de coordonner la multiplication des géniteurs sélectionnés comme élites au niveau des troupeaux de multiplication et la diffusion de leurs gènes dans des troupeaux villageois, mais également de participer au repeuplement du noyau de sélection. Elle contribue également à la gestion du noyau de sélection en termes d'alimentation du troupeau. La CASE N'DAMA est chargée de sensibiliser et d'informer les éleveurs sur la disponibilité des géniteurs. Elle identifie les éleveurs demandeurs et sur la base d'un protocole qui la lie au CRZ, donne son avis sur l'animal sélectionné à diffuser. En plus de la collaboration dans le programme de sélection, le CRZ et la CASE NDAMA sont aussi partenaires dans des projets de recherche. Dans ce partenariat, la recherche participe à la formation technique des éleveurs et les accompagne dans le développement d'autres activités génératrices de revenu. Cette collaboration a permis la diffusion de 21 géniteurs dans les troupeaux de multiplication et 47 géniteurs de seconde génération dans les troupeaux villageois (Tableau 1). Le table 2 reprend l'étendue de la diffusion des géniteurs dans le temps et le taux de satisfaction de la demande des éleveurs.

Tableau 1 : Diffusion du progrès génétique du noyau de sélection aux troupeaux villageois 2011 à 2016

Troupeaux	NTC	NTA	NGNY	NGTM
Multiplication	30	21	21	
Villages	-	41	05	42
Total	30	62	26	42

NTC : Nombre de troupeaux ciblés ; NTA : Nombre de troupeaux atteints ; NGNY : Nombre de géniteurs issus du noyau de sélection ; NGTM : Nombre de géniteurs issus du troupeau de multiplication

Tableau 2 : Nombre de demande de géniteurs, de géniteurs diffusés et le taux de satisfaction en géniteur de 2011 à 2016

Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Effectif des géniteurs		19	15	10	7	11	62
Demandes en géniteurs	10	8	3	9	3	4	37
Géniteurs diffusés	7	5	1	7	3	3	26
Taux de géniteurs diffusés (%)	-	26,32	6,67	70	42,85	27,30	41,93
Taux satisfaction (%)	70	62,5	33,33	77,78	100	75	70,27

5. Amélioration génétique du bovin N'Dama au Mali

5.1. Objectifs du programme

Au Mali, les programmes d'amélioration génétique ont commencé dès 1960 au centre national de recherche zootechnique de Sotuba (Tamboura *et al.*, 1982) par le croisement de la N'Dama avec les races européennes et le zébu Peul du Mali. L'objectif était de tirer parti de la trypanotolérance de la race N'Dama et de la productivité du zébu Peul et des races européennes. Le bovin N'Dama fera également l'objet d'un programme de sélection en race pure dans le cadre de l'opération N'Dama de Yanfolila (ONDY), mise en place en 1975, dont l'objectif était de créer un berceau pour la race N'Dama et d'améliorer ses caractéristiques bouchères (Tamboura *et al.*, 1982 ; Planchenault *et al.*, 1984 ; Berti *et al.*, 1995).

5.2. Schéma de sélection

Le programme a connu quatre phases. La première phase a consisté en la mise en place d'un ranch de 10 000 ha et d'un troupeau de sélection de 1 800 animaux de race N'Dama entre 1975 et 1981. Une deuxième phase a concerné la mise au point et le développement d'une méthode de sélection entre 1981 et 1986. Cette méthode de sélection était de type massale et portait sur les mâles issus du noyau de sélection du ranch. L'objectif de cette phase était surtout de créer une souche de race N'Dama dans le cercle de Madina Diassa qui servira de base de référence à la sélection (Planchenault *et al.*, 1984). Donc le noyau de sélection était fermé à tout apport génétique externe pouvant compromettre cet objectif.

Cependant, les carences constatées dans l'alimentation et la conduite du troupeau empêchaient une bonne extériorisation du potentiel génétique des animaux et, à ces contraintes, s'ajoutaient les coûts jugés élevés de la gestion du ranch (Berti *et al.*, 1995). Les difficultés apparues lors de la deuxième phase ont donc entraîné une réorientation du programme. En effet, les promoteurs ont jugé nécessaire d'associer les éleveurs. Ainsi, une troisième phase s'est déroulée entre 1991 et 1993. Elle avait pour objectifs de transférer en milieu paysan des bovins sélectionnés pour en vérifier l'adaptabilité, de consolider la sélection et adapter la méthode en milieu paysan et de mettre en œuvre, y compris dans les villages, une méthode de gestion pastorale devant résoudre le problème de l'alimentation du troupeau de sélection. La méthode de diffusion utilisée lors de cette phase était basée sur le principe de contrat de prêt bétail, établi sur 10 ans et prévoyant le remboursement nombre par nombre et sexe par sexe du bétail prêté (Berti *et al.*, 1995). Cette opération de transfert a permis d'étendre la base de sélection aux troupeaux villageois sous forme de schéma de sélection à plusieurs noyaux en milieu ouvert. Mais le programme a été interrompu faute de financement pendant une quinzaine d'années.

En 2008, le PROGEBE financé par la BAD et la FAO a permis la reprise du programme sous la forme d'un schéma de sélection à noyau central ouvert aux animaux des éleveurs. Les prêts bétail développés lors de la troisième phase ont permis de reconstituer le noyau de sélection et la création du Centre de Conservation, de multiplication et de diffusion du bétail ruminant endémique de Médina Diassa (CCMD/BRE) remplaçant ainsi l'ONDY (Coulibaly et Diallo, 2014).

5.3. Critères de sélection

La sélection était faite en prenant comme référence un animal de type fauve sans tache ou de type froment et ayant une bonne conformation (massive et trapue) (Planchenault *et al.*, 1984). Les animaux répondant à ces critères étaient choisis sur la base de leur GQM entre 8 et 18 mois et le poids à âge type (PAT), supérieur ou égal à 150 kg à 18 mois. Lors des dépistages, les critères de sélection concernaient les mesures du périmètre thoracique (comme estimateur du poids vif) des animaux à introduire dans le noyau. La trypanotolérance était incluse dans les critères de sélection par une faible utilisation des trypanocides qui étaient uniquement réservée aux cas sévères de trypanosomoses et aux bovins de types Méré (animaux issus du croisement entre le taurin N'Dama et le zébu Peul). L'évaluation faite par Planchenault *et al.* (1984) a indiqué une évolution de la croissance des poids des animaux sélectionnés de la naissance au sevrage avec un GQM de 239 g/j contre 222 g/j pour les animaux élevés chez les éleveurs.

5.4. Implication des éleveurs dans le programme

Le transfert des animaux chez les éleveurs a permis de toucher un effectif de près de 3.000 têtes. Cependant, beaucoup de rapports consultés indiquent une faible interaction entre le programme et les agents d'élevage, les décideurs économiques et les éleveurs qui seraient censés jouer un rôle important dans la diffusion des géniteurs améliorés. Toutefois, les éleveurs sélectionneurs ayant bénéficié des

animaux lors de la troisième phase continuent aujourd'hui de sélectionner et de vendre la souche N'Dama de Madina Diassa selon l'objectif établi au début du programme (Coulibaly et Diallo, 2014).

6. Amélioration génétique du bovin N'Dama en Gambie

6.1. Objectifs du programme

Le programme de sélection du bovin N'Dama en Gambie a débuté en 1994 dans un contexte de pression glossinaire importante, d'une forte demande en lait et en viande pour la réduction de la mortalité infantile et de l'amélioration générale de la sécurité alimentaire (Dempfle, 1993). En 1993, la nécessité d'un programme cohérent et complet d'amélioration génétique a été exprimé (Bosso *et al.*, 2007). Dans ses premières années, jusqu'en 2000, le programme a été financé par la coopération allemande et la FAO. En 2000, le programme d'amélioration a reçu un financement de l'Union européenne (UE) dans le cadre du projet PROCORDEL (Programme de concertation de recherche-développement sur l'élevage en Afrique de l'Ouest). Une partie des fonds de PROCORDEL, ainsi que le soutien supplémentaire reçu en 2002 du Fonds pour le développement international de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP-FID), ont été utilisés pour soutenir la poursuite du développement et de l'évaluation (Bosso *et al.*, 2007). En 2008 le financement du PROGEBE par la BAD et la FAO prend le relais pour la poursuite du programme.

Les objectifs du programme, consistant en l'accroissement des productions de viande et de lait sans compromettre les capacités d'adaptation et de résistance aux maladies de la race, ont été définis dès le départ de manière participative entre le service National de Recherche Agricole (NARS pour *National Agriculture research service*) et les représentants des groupes d'éleveurs (Dempfle, 1993 ; Bosso *et al.*, 2007). A l'occasion de cette définition, il avait été observé qu'en plus de la viande et du lait, les éleveurs utilisent la N'Dama dans la production agricole, pour la traction et la production de fumure.

Table 2 : Aperçu du développement chronologique du programme d'amélioration génétique des bovins N'Dama en Gambie (Bosso *et al.*, 2007)

Evènements	Période
Création de l'ITC	1984
Mission de consultation de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) effectuée à l'ITC	1990
Nécessité d'un programme d'amélioration cohérent et complet exprimée	1993
Proposition d'un schéma de sélection à noyau ouvert	1993
Acceptation par la coopération allemande (BMZ pour Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit) de soutenir financièrement la proposition d'un schéma de sélection à noyau ouvert	1993
Lancement du programme	1994
Début de l'enregistrement des performances	1995
Atelier organisé pour définir les objectifs de sélection	1996
Achat d'animaux de remplacement (dépistage)	1996/1999
Accord sur les objectifs de sélection	1998
Introduction d'une évaluation BLUP de modèle animal	1998
Introduction d'un mécanisme de diffusion du progrès génétique	2001
Financement du Projet PROCORDEL pour la diffusion des géniteurs améliorés	2000
Financement OPEP- FID pour des opérations de dépistage	2002
Création d'associations d'éleveurs pour la multiplication du bétail (GILMA pour <i>Gambian Indigenous Livestock Multiplier Association</i>)	2002
Enquête sur l'avis des agriculteurs sur le programme de sélection	2003
Financement du PROGEBE	2008

6.2. Schéma de sélection

La stratégie était basée sur un système de sélection à noyau ouvert à trois niveaux, incluant le noyau, la multiplication et les élevages commerciaux. Il consistait en un schéma de sélection de jeunes géniteurs. Pour diminuer les effets de la consanguinité dans le noyau, des dépistages occasionnels ont été organisés pour introduire des descendants mâles des meilleures vaches des fermes participantes (Jatner *et al.*, 2003). Le schéma adopté consistait à sélectionner les meilleurs mâles reproducteurs (taureaux) à partir des troupeaux du noyau de sélection. Ces mâles étaient disséminés dans les troupeaux multiplicateurs et les troupeaux qualifiés au niveau communautaire pour multiplier les gains génétiques accumulés. Les descendants de ces géniteurs étaient transférés chez les agriculteurs au niveau villageois. De cette manière, les animaux sélectionnés du noyau se multipliaient en plus grand nombre pour atteindre davantage de troupeaux au niveau communautaire.

Le noyau de sélection était géré dans deux stations, de Kenaba et de Bansang. La station de Kenaba était caractérisée par une pression glossinaire moyenne à faible. Y avait lieu la reproduction et le testage des jeunes taureaux jusqu'au sevrage à 12 mois. La station de Bansang était caractérisée par une forte pression glossinaire. S'y déroulait la sélection finale à 36 mois. Les meilleurs animaux, démontrant leur

tolérance dans ces conditions d'élevage, étaient choisis, traités par des trypanocides et retournés à Kenaba pour la reproduction.

6.3. Critères de sélection

Les animaux étaient sélectionnés selon un index composite contenant des informations sur les performances de croissance des jeunes taureaux et des apparentés. Les informations phénotypiques reprises étaient le GQM de 0 à 12 mois en zone contrôlée à Kenaba, le GQM de 15 à 36 mois en zone difficile à Bansang et la production laitière sur les 100 premiers jours de lactation des mères à taureaux. Le critère de tolérance à la trypanosomose, mais aussi d'adaptation plus générale aux conditions d'élevage prévalant dans la région, était ainsi pris en compte en élevant les animaux candidats à la sélection sous un système de production à faible niveau d'intrants à Bansang, où les conditions d'élevage sont proches de celles des villages et la pression glossinaire est forte.

Chaque année, un à deux taureaux étaient sélectionnés pour le remplacement des mâles reproducteurs dans le noyau. Les seconds meilleurs mâles (environ 10) étaient diffusés dans les troupeaux de multiplication, tandis que tous les autres étaient vendus aux bouchers (Bosso *et al.*, 2007). La sélection des femelles reposait presque entièrement sur la performance de lactation. A peu près 55 femelles étaient retenues chaque année pour le remplacement des mères à taureaux (Dempfle et Jaitner, 2000). Une évaluation génétique réalisée à l'aide du modèle BLUP a indiqué un gain génétique de 0,40 kg par an et une héritabilité estimée variant de 0,28 pour le 36 mois à 0,48 pour le poids à 15 mois (Bosso *et al.*, 2007).

6.4. Implication des éleveurs dans le programme

Comme décrit par Bosso *et al.* (2007), les éleveurs jouaient un grand rôle dans la diffusion du progrès génétique du programme. Ils ont été sensibilisés et organisés pour former une association de sélectionneurs appelée « Association des multiplicateurs de bétail indigène de Gambie » (GILMA, pour *Gambian Indigenous Livestock Multiplier Association*). Les agriculteurs deviennent membres s'ils reçoivent un animal reproducteur du centre international de trypanotolérance (ITC, pour *International Trypanotolerance Center*) et acceptent de respecter les règles de l'association.

Le rôle de la GILMA dans le programme de sélection était de coordonner la multiplication des géniteurs élites issus du noyau de sélection dans des troupeaux de multiplication et de diffuser leur progéniture au niveau des agriculteurs. Pour mieux assurer leur rôle, les éleveurs membres de la GILMA bénéficiaient périodiquement de formations sur la production et la santé des animaux et sur la transformation de produits de l'élevage. Des renforcements des capacités institutionnelles des parties prenantes et une politique d'incitations pour une meilleure participation des éleveurs étaient opérés. Parmi les stratégies d'implication des éleveurs, un programme de communication à travers des ateliers, des visites des fermes, de diffusion de films et d'organisation de foires était développé pour démontrer les bénéfices

issus de la production du bovin N'Dama (Bosso *et al.*, 2007). Ces stratégies avaient permis de diffuser environ une centaine de géniteurs de qualité aux agriculteurs entre 1994 et 2000.

7. Discussion

7.1. Objectifs de sélection

Les cas exposés ici montrent l'importance de l'adéquation des objectifs de sélection assignés aux programmes à ceux des éleveurs bénéficiaires dans la pérennisation de ces programmes. La prise en compte de ces objectifs des éleveurs a été à l'origine des schémas développés et de la réorientation des programmes au Sénégal et en Gambie (Bosso *et al.*, 2007; Ejlersen *et al.*, 2013; ILRI, 2010). En effet, le changement de schéma de sélection du Sénégal lors de l'ouverture du noyau aux animaux des éleveurs et la stratégie utilisée par le programme de la Gambie illustrent l'importance de la méthode participative utilisée dans l'identification des objectifs de sélection. En Gambie, les éleveurs étaient dès le départ associés à la conception du projet en tenant compte de leurs objectifs de production (Dempfle *et al.*, 2000). Au contraire, au Sénégal, la conception du premier schéma à noyau fermé reposait sur des objectifs établis par les chercheurs, amenant le programme à se réorienter face à la faible adhésion des éleveurs au programme.

En réalité, l'échec des premières phases des programmes du Sénégal et du Mali aurait servi d'expérience au programme de la Gambie dans la définition des objectifs de sélection. En effet, le même bailleur a financé la deuxième phase du programme du Sénégal et celui du programme de la Gambie, débuté en 1994 (Dempfle *et al.*, 1991 ; Fall *et al.*, 1992).

On peut en outre remarquer que, dans le cas du Sénégal, si l'amélioration du format de l'animal était fixée dès le départ, l'activité effective de sélection mêlait cette performance bouchère à un objectif de trypanotolérance s'opérationnalisant à travers une standardisation de la robe des animaux (Toure *et al.*, 1977; Fall *et al.*, 1982). En effet, les animaux de robe fauve, considérés plus trypanotolérants, étaient privilégiés pour la sélection même s'ils présentaient un poids à âge-type inférieur à celui d'autres animaux de robes différentes. Ce même critère avait prévalu au Mali dont l'objectif était de sélectionner une souche N'Dama de robe fauve ou froment de Madina Diassa (Planchenault *et al.*, 1984). Aucun de ces deux programmes ne peut donc être considéré comme ayant poursuivi de manière stricte un travail de sélection pour l'accroissement de la productivité individuelle, sans pour autant avoir inclus de manière rigoureuse de critère de trypanotolérance ou d'adaptation aux conditions d'élevage à faibles niveaux d'intrant.

7.2. Stratégies de sélection

Dans les trois programmes, la conservation des caractéristiques de trypanotolérance du bovin N'Dama était fixée dès le départ. Comme souligné ci-avant, la difficulté reposait sur son intégration dans un index de sélection. Cette principale contrainte, associée à d'autres (insuffisance des ressources humaines, faiblesse de financement ou défaut d'infrastructures) avaient défini les stratégies afin d'adapter les schémas à la prise en compte du critère de trypanotolérance et de l'intégration des éleveurs. Avec l'intégration des éleveurs dans le processus de sélection, les schémas sénégalais et gambiens ont

reposé sur un système à trois étages, intégrant un noyau de sélection, des troupeaux de multiplication et des troupeaux de diffusion ; le cas du Mali n'était quant à lui pas spécifié, l'étape de multiplication du progrès génétique n'ayant pas été formellement décrite (Berti *et al.*, 1995 ; Diop *et al.*, 1993 ; Bosso *et al.*, 2007).

Au Mali et au Sénégal, les schémas étaient au départ basés sur un noyau centralisé fermé à tout apport de gènes extérieurs venant des troupeaux des éleveurs. Le but affirmé pour le Mali était de ne pas compromettre la sélection d'une souche N'Dama typique de Madina Diassa, en ligne avec l'objectif de « création d'un berceau de la race ». Même si nous n'avons pas trouvé des documents le prouvant, ce motif de fermeture du noyau aurait été aussi invoqué pour le Sénégal, contribuant à la prise en compte de la robe fauve comme critère de sélection important. De manière marquante, le programme initial du Mali ne comportait pas de transfert de génétique du noyau vers les éleveurs. Malgré son affichage en tant que programme de sélection, le programme malien pourrait donc être davantage assimilé à un programme de création et conservation d'une souche de N'Dama. Le programme du Sénégal correspondait bien dès son démarrage à un programme d'amélioration génétique puisque les éleveurs bénéficiaient du progrès génétique produit dans le noyau. Les cas du Sénégal et de Mali divergent encore dans les redirections de programme ayant fait suite aux constats d'échecs des premières phases. Ainsi, le Sénégal a adopté un schéma de sélection à noyau central et ouvert aux éleveurs alors qu'au Mali, les animaux du noyau de sélection ont été transférés chez les éleveurs, créant ainsi plusieurs noyaux de sélection décentralisés.

A la différence des stratégies mises en place au Sénégal et au Mali, où les animaux étaient élevés du vêlage à la sélection finale sous le même environnement, en Gambie la stratégie a été déterminée par l'intégration de la trypanotolérance comme critère de sélection en élevant les animaux dans deux environnements différents. Les conditions favorables du premier noyau permettaient un meilleur taux de vêlage et de sevrage et les conditions difficiles du deuxième noyau permettaient de tester les futurs reproducteurs sous des contraintes environnementales proches du milieu d'élevage réel.

7.3. Implication des acteurs

L'un des facteurs qui avaient déterminé les stratégies des programmes était la prise en compte de l'intérêt des éleveurs et leur implication. Toutefois, les formes de cette implication ont été différentes d'un programme à un autre. Selon les pays, les éleveurs intervenaient à différents niveaux du processus de sélection. En Gambie, différentes formes d'intervention et d'interaction entre les chercheurs et les professionnels ont été étudiées (Dempfle et Jatner, 1999). Parmi ces formes, les éleveurs participaient à la définition des objectifs de sélection, à la multiplication et la diffusion du progrès génétique. Au Sénégal, en plus de leur rôle dans la multiplication et la diffusion du progrès génétique, les éleveurs intervenaient dans le repeuplement du noyau de sélection et aussi dans le choix final des femelles futures mères à taureaux. La différence entre ces deux interventions dérive d'une vision différente des

concepteurs des deux programmes. Pour les responsables du programme du Sénégal, la sélection animale est un travail des éleveurs. Dès lors, ces derniers doivent être au cœur du processus en participant à l'effort de sélection. Cet engagement des éleveurs était traduit par le renforcement du noyau de sélection par une partie de leurs troupeaux. Ainsi le noyau de sélection du Sénégal de 2008 à nos jours a été composé des animaux des éleveurs et de ceux du CRZ, alors que celui de la Gambie a été entièrement constitué par des animaux appartenant à la station de recherche. L'objectif visé de cette implication active observée au Sénégal était de partager les charges de gestion entre les parties prenantes. Toutefois, cette approche aurait pour inconvénient de demander aux éleveurs plus de ressources financières qu'ils n'en disposent. Par ailleurs, les charges non partagées entre les parties prenantes peuvent aussi causer l'échec ou l'arrêt des programmes de sélection après le départ des bailleurs qui les finançaient. C'était le cas de la deuxième phase du programme du Mali, où les charges de gestion du ranch ont motivé les promoteurs au transfert des animaux chez les éleveurs, amenant à la troisième phase du programme. Ainsi, des noyaux décentralisés ont été créés dans les villages dont la gestion et la sélection étaient confiées aux éleveurs. Ce modèle de gestion de noyau de sélection s'apparente au modèle villageois de gestion d'un troupeau de multiplication décrit par Jatner (2003). Il pourrait aussi être considéré comme un modèle à petite échelle de gestion communautaire des programmes de sélection proposé actuellement par plusieurs chercheurs comme étant plus efficace pour les systèmes à faibles niveaux d'intrants des pays en développement (Haile *et al.*, 2011 ; Wurzinger *et al.*, 2013 ; Mueller *et al.*, 2015). Malheureusement, ce modèle, qui paraît séduisant dans sa conception, n'a pas été évalué avant le retour à un schéma à noyau central à la faveur du nouveau financement de 2008. Son évaluation aurait renseigné sur la capacité des éleveurs à mener rigoureusement une opération de sélection sur tous ses aspects (critères de sélection, choix des reproducteurs, contrôle des accouplements). A défaut de cette évaluation, nous pouvons avancer que cette phase de transfert des animaux chez les éleveurs apparaît comme une tentative de conservation du type génétique du bovin de Madina Diassa qu'une consolidation de la sélection et de son adaptation en milieu paysan.

L'analyse de ces programmes a aussi révélé que l'implication des éleveurs, à des degrés divers, à travers la mise en place d'organisations de producteurs, a créé une forte interaction entre les parties prenantes. Ces relations institutionnelles entre le CRZ et la CASE N'Dama au Sénégal et entre l'ITC et la GILMA en Gambie ont contribué à la production, la multiplication et la diffusion des géniteurs améliorés.

7.4. Points saillants de la comparaison

Le programme de sélection du bovin du Sénégal, le plus ancien des trois, a généré une expérience capitale qui a été bénéfique pour sa réorientation et aussi pour le développement de celui de la Gambie. Le schéma actuel repose sur un modèle innovant de partage des charges en impliquant les éleveurs dans les charges de gestion du noyau de sélection. Le programme de sélection de la Gambie avait réussi dans son approche participative en associant les éleveurs dans la définition des objectifs de sélection. Il a en

outre adopté une stratégie de sélection basée sur la trypanotolérance et l'implication des éleveurs dans le processus de multiplication et de diffusion des géniteurs sélectionnés. Ces deux programmes ont réalisé le même gain génétique annuel (0,40 kg/an). Au Mali, l'étendue de la base de sélection, qui aurait dû être son point fort du point de vue génétique (par la forte pression de sélection), a été son point faible car demandant beaucoup plus de ressources financières et humaines dans la gestion du ranch. L'expérience de la création des noyaux de sélection décentralisés lors de sa troisième phase aurait dû être évaluée et valorisée lors du développement de sa quatrième phase. Toutefois, le prêt bétail, adopté comme un mode d'acquisition des animaux par les éleveurs, a servi à la création du noyau de sélection central actuel. L'évaluation de ce système de prêt bétail développé au Mali pourrait donner des pistes pour un modèle innovant et participatif de financement des programmes de sélection dans les pays en développement et d'implication des éleveurs à l'effort de sélection.

Conclusion

Cette étude comparative suggère que la réussite des programmes de sélection des pays étudiés dépend beaucoup des objectifs partagés avec les utilisateurs finaux et de l'adoption d'une stratégie basée sur l'implication des éleveurs et sur la prise en compte de la trypanotolérance. Ces trois programmes de sélection, différents dans leur contexte, leur processus de conception, et dans leur stratégie de mise en œuvre, apportent ainsi des éclairages uniques et complémentaires. Les enseignements de cette étude comparative nous poussent à suggérer des pistes d'investigations pour améliorer les schémas actuels et pérenniser les programmes de sélection dans les pays en développement. Au cœur de ces investigations, nous soulignerons en conclusion la place centrale à donner à l'analyse des arrangements institutionnels, organisant les interactions entre acteurs, leurs rôles et responsabilités. Ces analyses sont à contextualiser dans les pays ciblés et à penser en regard des visions portées par les différentes parties prenantes ainsi que leurs capacités, financières et techniques.

Références

- Abenga JN and Vuza D. 2005. About factors that determine trypanotolerance and prospects for increasing resistance against trypanosomosis. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (13), pp. 1563-1567, December, 2005
- Aboagye GS, 2002. Phenotypic and genetic parameters in cattle populations in Ghana. Doc of the Department of Animal Science, University of Ghana, Legon, Ghana.
- Akouango F., Ngokaka C., Ewomango P., Kimbembe E. 2010. Caractérisation morphométrique et reproductive des taureaux et vaches N'Dama du Congo. *Animal Genetic Ressources* 46: 41-47.
- Akouango F., Ngokaka C., Mompoundza P., Emmanuel K. 2010. Barymetries formulas and control of growth of breed cattle at Dihessé Breeding Farm in Congo Brazzaville. *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (5): 475-480.
- Berti F, Renard J and Koné O 1995. Amélioration des pratiques de l'élevage du bétail Ndama en milieu villageois: l'exemple de Madina-Diassa au Sud du Mali. *Tropicultura* 13, 164–169.
- Bosso NA, Corr N, Njie M, Fall A, van der Waaij EH, van Arendonk JAM, Jaitner J, Dempfle L and Agyemang K 2007. The N'Dama cattle genetic improvement programme: a review. *Animal Genetic Resources Information* 40, 65–69.
- Bosso NA, van der Waaij EH, Kahi AK and van Arendonk JAM 2009. Genetic analyses of N'Dama cattle breed selection schemes. *Livestock Research for Rural Development* 21.
- Camara Y. 2012. Analyse génétique des performances zootechniques des bovins de race N'Dama et étude du système d'amélioration génétique à noyau ouvert. Institut Vétérinaire et Agronomique Hassan II, Rabat, Maroc
- Coulibaly T, et Diallo L. 2014. Diagnostic de la situation de l'élevage N'Dama dans son berceau de race (cercles de Bougouni et de Yanfolila) CTB/ Bamako/ Mali, 52pp. Dempfle L., 1991. Report on genetic improvement of trypanotolerant livestock in west and central Africa. In *Proceedings of the FAO Expert Consultation on the Genetic Aspects of Trypanotolerance*, Rome, Italy, 3–4 September 1991. *FAO Animal Production and Health* 94: 77–97.
- Dempfle L., 1993. Strategies for improving the genetic performance of local breeds. (2-11) In *Proc. Atelier sur l'amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest*, Banjul 17-21.
- Dempfle L., Jaitner J. 1999. Handouts. Regional Workshop about Animal Breeding and Genetics for Applied Geneticists and Professionals Responsible for Breeding Programmes held at ITC, 8–19 February 1999, unpublished, 77–97.

Dempfle L., Jaitner J. 2000. Case study about the N'Dama breeding programme at the International Trypanotolerance Centre (ITC) in the Gambia. In Galal S., Boyazoglu J. and Hammond K. (Eds.). Workshop on Developing Breeding Strategies for Lower Input Animal Production Environments, Bella, Italy, 22–25 September 1999. ICAR Technical Series No. 3: 347–354.

Dieye PN, Faye A, Seydi M et Cissé SA 2002. Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. Cahiers Agricultures 21, 417–426.

Diop M, Sissokho MM et Niang S 1993. Mise en place d'un schéma de sélection a noyau ouvert pour l'amélioration génétique du taurin Ndama : résultats du 'screening' des vaches exceptionnelles dans le département de Kolda (Sénégal). Sénégal.

Ejlertsen M, Poole J and Marshall K 2013. Traditional breeding objectives and practices of goat, sheep and cattle smallholders in The Gambia and implications in relation to the design of breeding interventions. Tropical animal health and production 45, 219–229.

Fall A, Diack A, Diaite A, Seye M and D'Ieteren GDM 1999. Tsetse challenge, trypanosome and helminth infection in relation to productivity of village Ndama cattle in Senegal. Veterinary Parasitology 81, 235–247.

Fall A, Diop M, Sandford J, Wissocq YJ and Trail JC. 1982. Evaluation des productivites des ovins Djallonke et des taurins N'Dama au centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal. Addis Ababa, Ethiopia.

Fall A. 1989. An alternative selection scheme for N'Dama cattle in Sénégal. No 030/CRZ/KOLDA.

Fall, A., 1992. Characterization of indigenous livestock breeds in Senegal. In: African Animal Genetic Resources: Their Characterization, Conservation and Utilization. Proceedings of a Research Planning Workshop, ILCA, Addis Ababa, p. 141.

Haile A, Wurzinger M, Mirkena T, Duguma G, Mwai O and Rischkowsky B 2011. Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Lessons and experiences for sheep breeding.

Ieteren GD, Authié E, Wissocq N and Murray M 1998. Trypanotolerance, an option for sustainable livestock production in areas at risk from trypanosomosis. Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics) 17, 154–175.

ILRI. 2010. "Gestion Durable Du Betail Ruminant Endémique En Afrique de l'Ouest: Etude de Référence, Sénégal." Kenya : ILRI Nairobi.

Jahnke H.E, Tacher G, and Keil P RD 1988. Livestock production in tropical Africa with special reference to tsetse-affected zone. In In Livestock Production in tsetse affected areas of Africa,.

Proceedings of a meeting held in Nairobi, Kenya from the 23rd to 27th November 1987 organized by the international Livestock Centre for Africa and the International Laboratory for Research on An, pp. 3–21.

Jaitner, J., Corr, N. and Dempfle, L., 2003. Ownership pattern and management practices of cattle herds in the Gambia: implications for a breeding programme. *Tropical Animal Health and Production*. 35(2):179-87.

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

Naessens J 2006. Bovine trypanotolerance : A natural ability to prevent severe anaemia and haemophagocytic syndrome ? *International Journal for Parasitology* 36, 521–528.

Okouyi MWM 2018. Application des progestagènes à la gestion hormonale de la reproduction chez la femelle bovine de la race N'Dama au Gabon, Thèse de doctorat en Médecine vétérinaire & santé animale, Université de Liège, 174 pp et annexes.

Okouyi MWM, Kamga-Waladjo AR, Diarra S and Hanzen C 2014. Caractéristiques de reproduction de la femelle trypanotolérante de race N'Dama. *RASPA*, 12 (1) : 3-7.

Pagot, J., 1985. L'Elevage en pays tropicaux, G.-P. Maisonnneuve Larose et A.C.C.T. Edition Paris (France). 526 pp.

Planchenault D, Tall SH and Traoré MT 1984. Amélioration génétique des bovins N'Dama. Etudes en milieu extensif au Mali. I. Caractéristiques du bétail N'Dama au ranch de Madina-Diassa Croissance, Barymétrie. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop* 37, 488–495.

Sissokho M. M., Diop M., et Niang S. (1993). Mise en place d'un système de sélection à noyau ouvert pour l'amélioration génétique du taurin Ndama. Résultats du dépistage des vaches exceptionnelles dans les troupeaux villageois du département de Kolda (Sud du Sénégal). In : « Le Bétail trypanotolérant », N°6 Juin 1993.

Shaw A et Hoste CH 1991. Les échanges internationaux de bovins trypanotolérants. I. Historique et synthèse. *Revue Elev. Méd. vét* 44, 221–228.

Schmitz JL 1985. Eleveur et son bétail. Élevages bovins villageois dans l'ouest du Zaïre. *CODAIK*. 159 pp.

Tamboura T, Bibe B et Babile R 1982. Résultats expérimentaux sur le croisement entre races locales et races laitières améliorées au Mali. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop*. 35, 401–412.

Touré SM 1977. La trypanotolérance. Revue de connaissances. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. 30, 157–174.

Traoré SA, Reiber C, Megersa B, Valle Zárate A 2018. Contribution of cattle of different breeds to household food security in southern Mali. Food Security, <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0795-2>

Traoré SA, Reiber C, Valle Zárate A 2018. Productive and economic performance of endemic N'Dama cattle in southern Mali compared to Fulani Zebu and their crossbreds. Livestock sciences 209, 77-85

Traoré SA, Markemann A, Reiber C, Piepho HP, Valle Zárate A 2016. Production objectives, trait and breed preferences of farmers keeping N'Dama, Fulani Zebu and crossbred cattle and implications for breeding programs. Animal 1-9 doi:10.1017/S1751731116002196

Wurzinger M, Escareño L, Pastor F, Salinas H, Iñiguez L and Sölkner J 2013. Design and implementation of a community-based breeding program for dairy goats in Northern Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 16, 289–296.

Youssof J. 2015 Caractéristiques, menaces et nécessité de conservation in situ du taurin Baoulé dans les savanes du Sud-Ouest du Burkina Faso. Journal of Applied Biosciences 93:8713 – 8726

Section études

Etude 2 :

Adéquation du programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal avec les innovations des éleveurs

Cette étude a été publiée dans la revue **Animal**

(doi:10.1017/S1751731118001544)

Préambule

Le chapitre I avait pour objectif de partir de l'historique des programmes de sélection du bovin en Afrique de l'Ouest pour analyser leurs facteurs de réussite et d'échec. Cette première étude a montré que le succès de ces programmes dépendait aussi des pratiques et des objectifs des éleveurs. Le chapitre suivant part de cette conclusion pour émettre l'hypothèse selon laquelle il existe une relation entre leur adhésion au programme de sélection et les autres innovations adoptées par les éleveurs, eu égard à leurs objectifs de production. Des approches participatives ont été utilisées et par une analyse multivariée une typologie d'innovateurs a été identifiée. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue *Animal*.

Analysing innovations among cattle smallholders to evaluate the adequacy of breeding programs.

Y. Camara^{1, 2}, N. Moula^{1, 3}, F. Sow², M.M. Sissokho², N. Antoine-Moussiaux^{1, 3, a}

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

² *ISRA, Bel Air, routes des hydrocarbures - BP 3120, Dakar, Sénégal*

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

^a *Corresponding author: N. Antoine-Moussiaux (nantoine@uliege.be)*

Abstract

Many breeding programs have been implemented in developing countries, many of which have been unsuccessful. To better understand the failure of these breeding programs, it is proposed to analyse their adequacy with innovations that are actually adopted by smallholders. The proposed methodology takes account of these innovations, the reasons for their adoption and the objectives of livestock keeping. The N'Dama cattle breeding program in Senegal was used as a case study. Surveys were carried out among 54 farmers: 27 breeders who participated in this program, 17 of whom recently resigned, and 27 breeders who have never participated. Feeding was the most frequently cited area of innovation, followed by infrastructure. Genetics, animal health and reproduction held the third rank. Milk production appeared as an important objective of breeders, although the context remains one of strong multifunctionality. Principal component analysis highlighted three categories of breeders according to the innovations they adopted: institutional, modernising, and integrating innovators. The groups of institutional and modernising innovators dominate, gathering each 41% of the farmers. In the first category, breeders have organised themselves in an association and use N'Dama sires, livestock aiming at an insurance objective. In the second category, artificial insemination with exotic breeds and other technical innovations (cowshed, vaccination, urea treatment of straw) are used to improve production of milk and meat. The third group is termed “integrating innovators”, since their innovations aim at integrating livestock and crop production. Gathering 18% of the sampled breeders, this group presents intermediate features between the two previous groups, using animals as draught power and for manure production. These results indicate that a process of intensification is at play and that the genetic improvement through the selection of N'Dama cattle for production criteria does not meet the breeders' demand. However, the N'Dama's adaptive traits justify its use as part of the breeding strategy of farmers, either in pure-breeding or in crossbreeding. The study thus tends to show the interactive link between genetic improvement and other innovations. It suggests that the success of a breeding program depends on its adequate positioning within the set of innovations adopted by breeders and proposes a method to inform breeding programs accordingly.

Key-words: breeding program, innovation, breeding objectives, N'Dama cattle, intensification

Implications

This study proposes a method to evaluate the adequacy of breeding programs based on an analysis of adopted innovations, taking account of breeders' objectives. Applied to the N'Dama breeding program in Senegal, the method shows the lack of relevance of the program to breeders' innovation strategy, while services to be provided are missing. It highlights the role of crossbreeding in spurring other innovations and the peculiar roles of the indigenous breed for different smallholder types. The breeding program would need focussing on N'Dama's adaptive traits as well as tailor its messages and services to each of the systems identified.

Introduction

Genetic improvement through pure-breeding of indigenous breeds is seen as a sustainable pathway to increase animal production in the Global South (Hoffmann, 2010). Indeed, the high requirements of crossbreds regarding feed and health care increasingly appears as impeding their adoption in low input systems (Leroy *et al.*, 2015). However, pure-breeding programs are also facing persistent constraints in their implementation, hindering their success and sustainability. Several factors of this failure have been identified, as the lack of involvement of breeders in programs' design and implementation, often resulting in an inadequacy of programs' objectives (Kosgey *et al.*, 2006 ; Philipson *et al.*, 2011 ; Wurzinger *et al.*, 2011). All these constraints contribute to a poor adhesion to genetic selection programs in developing countries, even though some genetic progress might be reached within experimental stations (Siddo *et al.*, 2015).

In the prospect of improving ongoing programs, evaluation methods are needed. Several methods have been developed for the economic evaluation of animal genetic resources, hence of the expected benefits of improvement programs (Drucker *et al.*, 2001 ; Roosen *et al.*, 2005). A main drawback of most methods is their requirement of a large amount of data that are mostly lacking in developing countries (Drucker *et al.*, 2001; FAO, 2015). Besides this lack of data, the main challenge is the need to take account of animals' multifunctionality within farms and the diversity of main purposes across farms (Roosen *et al.*, 2005). The aggregate productivity model, used by Ayalew *et al.* (2003) to evaluate a goat breeding program in Ethiopia, brings a complete overview of program's benefits accounting for multifunctionality but is not tailored to take account of diversity of purposes between breeders.

More centrally, one might see an important limitation of these evaluation methods in their static nature, thus their inability to take account of on-going evolutions of systems in order to provide prospective insights for project improvement. Indeed, a breeding program must meet the long-term objectives of breeders who operate in a changing environment. Therefore, it is necessary to get an in-depth understanding of the breeders' objectives and practices, as often duly studied, but also of their improvement strategies, and the perceived role of genetics within these.

In this context, research on innovations can play an important role in the evaluation of a breeding program, considering that the breeding program corresponds to one of these innovations to be adopted. Innovation may be defined as a change in a social environment that produces an evolution of practices (Alter, 1999). It further appears as a co-evolution process through interactive dynamics of learning and production of knowledge (Klerkx *et al.*, 2010; Kilelu *et al.*, 2013; Swaans and Pali, 2013). Generally speaking, innovation may be termed as technical vs. institutional, according to the nature of the change, or endogenous vs. exogenous, according to its origin, respectively from inside or outside the community where it occurs (Vall *et al.*, 2012; Schut *et al.*, 2016). Genetic improvement, being an innovation, thus

integrates a dynamic of interwoven institutional and technical innovations, to be understood in relation to the breeders' objectives.

The hypothesis of this paper is that analysing the wider context of innovation among smallholders should help understand the place held by animal breeding in their strategies, as well as the mutual impact between animal breeding and other innovations. Therefore, this analysis is meant to provide insights into the adequacy of the breeding program, the factors of failure, and corrective measures to be tailored. Hence, this study considers together the agricultural innovations of breeders, the motives for their adoption and livestock rearing objectives. This approach underlines the co-evolution of animal husbandry practices and animal genetic resource management.

The proposed method is here applied to the N'Dama cattle-breeding program in Senegal, which has been running for over forty years and now faces a serious lack of ownership from its supposed beneficiaries. As such, it presents an interesting background for a case study to test the ability of the method to provide useful insights in the program improvement pathways.

The N'Dama breeding program was set up in 1972 at the Kolda zootechnical research centre (CRZ), aiming at improving the meat production ability of this breed while preserving its trypanotolerance (Fall *et al.*, 1982). The program has then undergone various changes through its history. From 1972 to 1990, it was organised as a closed-nucleus breeding scheme. From 1991 to 1996, a test was conducted to open the nucleus to the best animals of the breeders and the milk production of dams of bulls has been added as a criterion of selection. The purpose of opening the nucleus was to increase genetic diversity and to involve breeders in the breeding effort. From 1996 to 2008, the program has been stopped. It resumed in 2008, functioning till present as an open nucleus scheme. Breeders were then also organised in a breeding cooperative (CASE N'Dama). Currently, the program is organised on three tiers: the breeding nucleus (housed at the CRZ), the multiplication herd (kept by CASE N'Dama members) and the village herds where genetic progress has to be disseminated.

1. Material and methods

1.1. Overall approach

The proposed method consists of analysing interrelationships between innovations and between innovations and breeders' objectives. Innovations and objectives are identified and ranked through participatory approaches. Then, through classical multivariate analysis, the typology of innovators is identified to characterise the link of the identified innovator types with different genetic improvement pathways.

1.2. Study area

The study was conducted in three rural districts of Kolda in Casamance, Senegal (12°54' N, 14°57' W): Medina Elhadji, Saré Bidji, and Dioulacolon. This region presents a sub-humid tropical climate, characterised by a bimodal seasonal regimen. The average annual rainfall of 1000 mm is distributed over 5 months, from June to October. The predominant economic activities are agriculture, livestock and forestry. The main livestock system is described as agro-pastoral, practicing crop-livestock integration. Animal manure is used for soil amendment and animal power is used for ploughing. In turn, crop residues such as rice straw, millet or corn stalks and cotton seeds are fed to animals. The most common cattle breed is the N'Dama taurine.

1.3. Sampling

Interviewed breeders were selected following a dual sampling approach, using first a purposive then a respondent-driven sampling. Twenty-seven breeders among those who collaborated with the CRZ of Kolda were identified from the CRZ database (purposive sampling). These first respondents introduced us to breeders who had not collaborated with the CRZ (respondent-driven sampling). In total, 54 breeders were surveyed, corresponding to three groups with regards to their involvement with the CRZ breeding program: those currently participating ($n = 10$), those who had resigned ($n = 17$) and those who never participated ($n = 27$). Invitations to participate mentioned that the persons making decisions regarding cattle should be interviewed. Only men presented themselves for participation, being considered in the zone as the heads of households. No woman was included in the sample since no cattle-holding woman-lead household was identified in the present study.

1.4. Data collection

The first contact with breeders occurred through an information session on the study objectives, between September and November 2015. Between July and August 2016, Participatory Rural Appraisal (PRA) (Ejlertsen et al., 2013) sought to establish with breeders the breeding objectives and technical and institutional innovations introduced or developed. Focus groups were first organised, followed by individual in-depth interviews. Six focus groups were carried out, i.e. two in each district. The composition of focus groups, in terms of number of breeders and their link with the breeding program are indicated in Table 1.

The interview guide used during the focus groups consisted of three parts. In a first part, breeders were asked to list innovations they had introduced or developed by themselves, as well as to describe the reasons for these innovations. Innovations were described as "any change in the ways of practicing the profession of breeder". The "reasons" were understood in a wide acceptance: responsive to constraints or opportunities, or driven towards specific goals. The second part tackled livestock keeping objectives and pathways for achieving them. The considered "pathways" thus expressed production activities and innovations as means to an end. In a third part, farmers were asked to agree on five present priority objectives and five innovations that they expected to present the most impact in their district for now and the next ten years. The five innovations and five objectives agreed upon in each focus group were then ranked in individual interviews through proportional piling (with 100 counters). Each breeder of the group thus ranked innovations and objectives according to their relative importance in terms of "overall improvement of livelihoods, including increased incomes".

1.5. Statistical analysis

All statistical analyses were performed with R (version 3.3.1). Citation rates of innovations and objectives were represented in histograms. Proportional piling data were subject to descriptive statistics (median, average, minimum and maximum) and used as variables for principal component analysis (PCA) and hierarchical clustering on principle components (HCPC) under the package FactoMineR. Hence, PCA and HCPC aimed at studying relationships between a set of seven breeding objectives and eleven innovations. Since breeders' focus groups had to choose only five innovations and five objectives for individual scoring, innovations and objectives that were not scored in a group of breeders were treated as missing data. These were handled through imputation by iterative PCA (Josse and Husson, 2012 ; Leroy *et al.*, 2016) under the MissMDA package. Innovations were included as active variables, thus contributing to the construction of principal components. HCPC was used to build a typology based on the relative importance that breeders gave to distinct innovations. The objectives were included as illustrative variables, therefore projected along PCA axes according to the innovations to which they are correlated. Chi-square or Fisher's exact tests were conducted to evaluate dependence between so-defined clusters and categorical variables as well as between categorical variables.

2. Results

2.1. Technical and institutional innovations

Twenty-three innovations have been cited in total, grouped into six main areas: feed, genetics, infrastructure, animal health, reproduction and institutional innovations (Figure 1). The largest group of innovations was in the area of animal feeding, with seven innovations cited, followed by infrastructure, with four innovations cited. Innovations in genetics covered the use of N'Dama sire and crossbreeding, either with the Gobra zebu (an indigenous breed), or with exotic breeds through artificial insemination. Table 1 lists the innovations and objectives selected by focus groups in each district. Only one focus group indicated the use of N'Dama sires as a key innovation to improve their livelihood, while artificial insemination (with exotic semen) was chosen by four focus groups. None of the groups indicated the use of a Gobra sire as a central innovation. Breeders' organisation was identified as an important innovation in two different areas.

Table 2 summarises the relative importance ascribed to innovations, as determined through proportional piling in individual interviews. Vaccination and deworming reached the highest average score (38% based on 29 notations), followed by the use of para-veterinary services (27% based on 14 notations), thus being perceived as key innovations to improve their livelihoods. Genetic innovations, i.e. artificial insemination with exotic breeds and N'Dama pure-breeding, reached intermediate to low scores (respectively, 15% and 16.4%).

Nineteen innovations out of the twenty-three cited were described as exogenous, introduced by research institutions or development agencies. Only four innovations were described as endogenous, i.e. developed by the breeders themselves. Endogenous innovations covered the management of reproduction and weaning, the use of crop residues, the selection of N'Dama sires and the use of Gobra sires. Four external organisation types have been cited as having introduced exogenous innovations. Being ranked by breeders according to their influence on practices, these are first non-governmental organisations (NGOs), second the local research institution (CRZ of Kolda), third the Textile Fibers Industrial Development Corporation (State agency) and lastly the National Livestock Service (extension services).

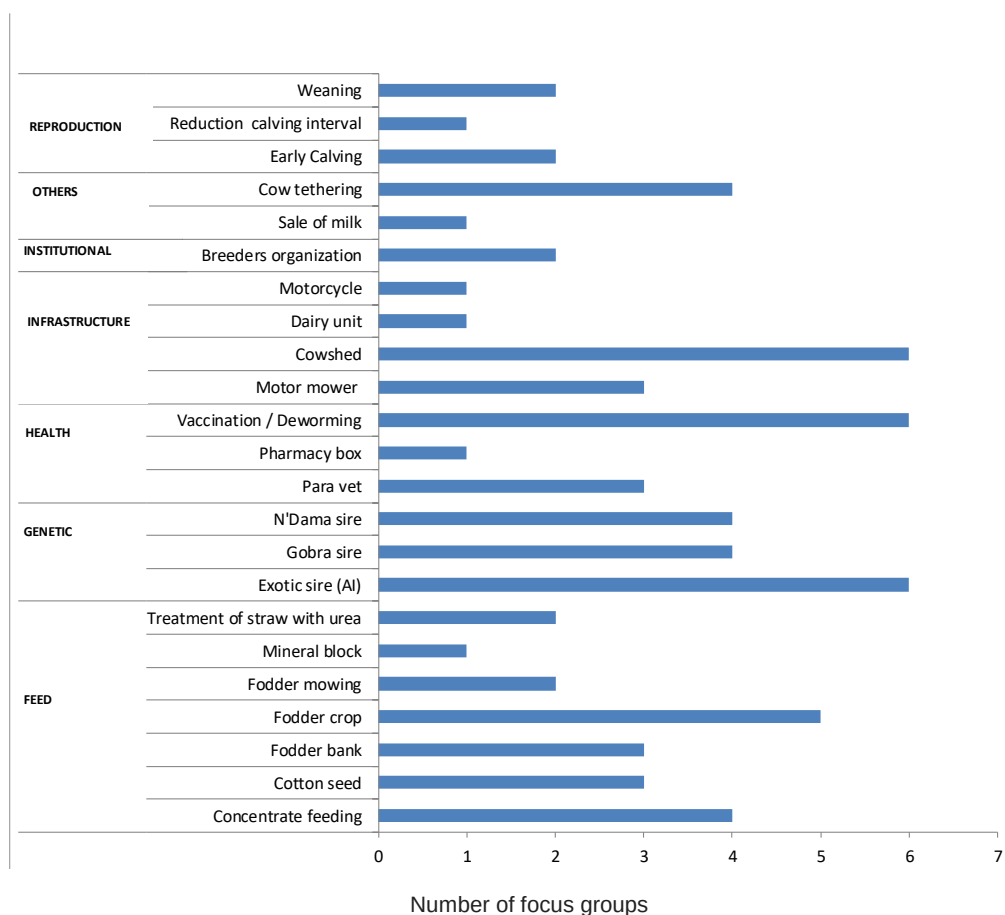


Figure 1 – Main innovations cited in the six focus groups of N'Dama cattle breeders (number of focus groups)

Table 1 *List of main innovations and objectives of N'Dama cattle breeders by focus groups and by districts*

District	Number of breeders per FG	Link to breeding program			Selected Innovations	Selected Objectives
		P	R	NP		
Dioulacolon	10	2	7	1	Fodder crop Concentrate feeding Vaccination/Deworming Cow tethering N'Dama sire	Dairy production Meat production Draught power Manure Saving
	5	1	4	0	Fodder crop Vaccination/Deworming Cowshed Artificial insemination Breeders' organisation	Dairy production Meat production Draught power Manure Insurance
Saré Bidji	9	2	0	7	Concentrate feeding Para veterinary Cowshed Fodder crop Breeders' organisation	Dairy production Meat production Draught power Manure Saving
	10	0	0	10	Fodder crop Vaccination/Deworming Cowshed Artificial insemination Para veterinary	Dairy production Meat production Manure Insurance Cultural
Medina Elhadji	10	2	4	4	Straw treatment (urea) Vaccination/Deworming Para veterinary Artificial insemination Cowshed	Dairy production Meat production Draught power Insurance
	10	3	2	5	Concentrate feeding Vaccination/Deworming Artificial insemination Reduced calving interval Cowshed	Dairy production Saving Insurance Manure Cultural

FG: focus group, P: current participants to the breeding program; R: breeders who resigned from the breeding program, NP: breeders who never participated to the breeding program.

Table 2 *Main areas of innovations and their relative importance according to N'Dama cattle breeders (proportional piling results in %)*

Area	Innovations	No.	Median (%)	Min. (%)	Max. (%)	Mean (%)
Feed	Fodder	33	20	9	60	20.1
	Treatment of straw with urea	6	20	7	20	16.8
	Concentrate feeding	23	12	8	40	20.6
	Cow tethering	13	20	5	55	23.9
Reproduction	Calving interval	13	16	3	28	16.0
Infrastructure	Cowshed	32	12	3	28	12.8
Animal health	Vaccination / deworming	29	37	18	58	37.6
	Para-veterinary services	14	25	16	42	27.4
Institutional	Organisation of stakeholders	15	17	10	34	18.9
Genetics	N'Dama sire	12	15	5	46	16.4
	Artificial insemination	26	15	0	47	15.0

2.2. Livestock keeping objectives and pathways

Seven livestock keeping objectives (milk, meat, insurance, savings, manure, traction and socio-cultural aspects) were considered important in focus groups (Table 1) and then quantified individually by the breeders (Table 3). Breeders considered the sale of milk and animals, as well as renting draft animals as means to improve their income. Individual interviews confirmed animals' multifunctionality, with dairy production ranking first among objectives, at an average relative score of 27%. Meat production, although cited in the focus groups as the second income objective, ranked sixth in individual interviews with an average relative score of 14%. Alongside these objectives, insurance and savings reached average relative scores of 22% and 17%, respectively. Draught power and manure followed with average relative scores of 16% and 13% respectively. Finally, the socio-cultural role was less shared (cited in two focus groups in two different areas) but reached significant scores with an average of 20%. This socio-cultural role corresponds to maintaining social ties with parents and building alliances through dowries and donations.

To achieve these objectives, farmers rely mainly on improvements in feed and animal health (Figure 2). N'Dama pure-breeding is mainly practiced for insurance goals (motivated by its resistance to diseases) and draught power, while crossbreeding is used to increase milk and meat production, and contribute to saving. Vaccination, deworming, supplementary feeding (fodder and cotton seed) are mainly used for milk and meat production. Bovine fattening is also practiced to improve meat quality and the market value of live animals.

Table 3 Relative importance of livestock objectives according to N'Dama cattle breeders (proportional piling results, in %)

	Milk	Insurance	Culture	Saving	Draught	Meat	Manure
Number of scores	54	49	11	39	46	40	53
Median (%)	26	19	18	17	15	13	13
Min. (%)	10	0	5	2	5	0	3
Max. (%)	50	52	38	40	34	30	40
Mean (%)	26.9	22.1	19.4	17.0	15.7	13.8	13.4

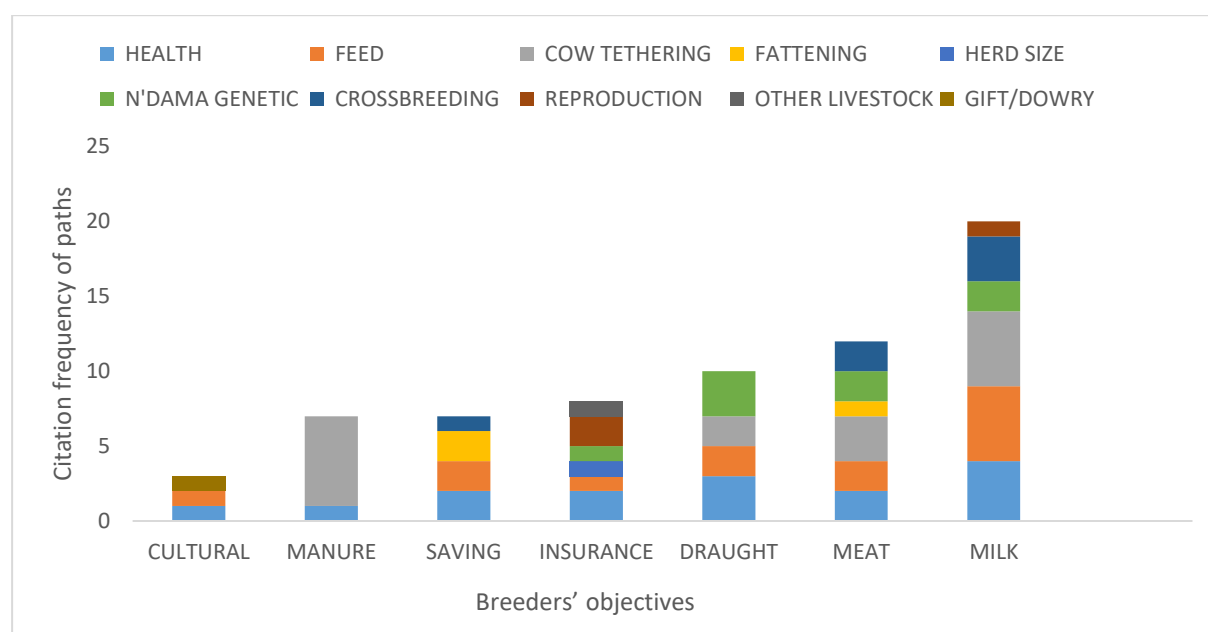


Figure 2 – N'Dama cattle breeders' objectives and main paths to reach them (citation frequency)

2.3. Relationship between innovations and livestock objectives

The PCA of the relative scores for eleven innovations led to retain the first two components, accounting for 81.6% of the total variance. Figure 3 represents the circle of correlations between innovations, objectives and main axes.

Axis 1 (62.9% of total variance) has a significant correlation with all innovations and livestock objectives ($p < 0.001$), except artificial insemination using exotic breed semen, saving and meat production objectives. The highest positive correlations were found for treatment of straw with urea (0.97) and cow tethering (0.91). This correlation was negative with the use of N'Dama breed (-0.93).

Axis 2 (18.6% of the total variance) has a significant correlation with all innovations and objectives studied ($p < 0.05$) except for the treatment of straw with urea, cow tethering, genetic improvement of N'Dama in pure breed as well as manure production. A strong and positive correlation appears with saving (0.65) and artificial insemination with exotic breed (0.75).

Once interpreted, the first axis appears as opposing an intensification strategy to one of pastoral organisation. The second axis opposes innovations for milk and meat production (cowshed, artificial insemination) to crop-livestock integration (draught power, manure).

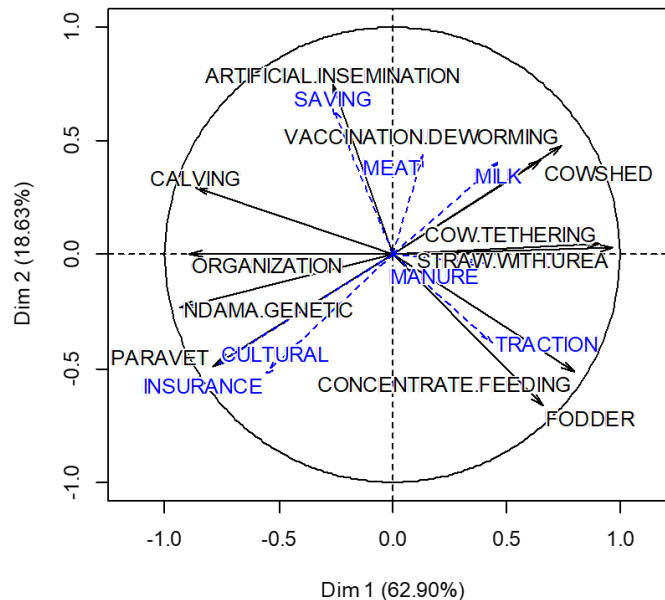


Figure 3 – Principal components analysis of relative scores obtained by proportional piling on innovations (in black) and objectives (in blue) by N'Dama cattle breeders (circle of correlation between innovations, objectives and main axes 1 and 2)

2.4. Hierarchical classification of innovators

The hierarchical classification reveals three types of innovators, interpreted and termed as “institutional”, “modernising”, and “integrating” innovators (Figure 4). For all innovations, the ascribed relative importance proved statistically different between these three types of breeders (Fisher’s exact test, $p < 0.05$) as well as between districts (Fisher’s exact test, $p < 0.01$).

Category 1 (22 farmers, 41%) – Institutional innovators: This category is well described by the modalities with negative coefficients on axis 1 (pastoral organisation strategy). It is composed of all types of breeders with respect to their link with the breeding program: 50% who never participated, 32% who resigned, and 18% of current participants (Chi-square test, $p = 0.09$). Breeders of this category are found in all districts: 36% in Medina Elhadji, 32% in Dioulacolon and 32% Saré Bidji (Chi-square test, $p = 0.95$). In this category, a highly significant statistical link has been observed with the following innovations: N'Dama sire use, institutional innovations, para-veterinary and endogenous innovations (reduction of calving interval, early and late weaning) ($p < 0.001$). They put forward these innovations to meet their insurance and cultural objectives.

Category 2 (22 farmers, 41%) – Modernising innovators: This category is composed of all types of breeders with respect to their link with the breeding program: 50% who had resigned, 27% who never participated, and 23% present participants (Chi-square test, $p=0.24$). The majority of these breeders come from Medina Elhadji (50%) and Dioulacolou (36%), although this imbalance is not statistically significant (Chi-square test, $p=0.11$). The statistical link with this category is highly significant for the following innovations: artificial insemination with exotic breed ($p<0.05$), cowshed ($p<0.05$), vaccination and deworming ($p<0.01$). The breeders present these innovations as ways to improve milk production ($p<0.05$). They thus present positive values on both axes 1 and 2, showing a strategy of intensification for milk and meat production, but also stating saving objectives.

Category 3 (10 farmers, 18%) – Integrating innovators: This category is composed mainly of breeders who have never participated in the program (90%) and a minority of current participants (10%). This dominance of non-participants is significant as indicated by Chi-square test ($p<0.001$). The statistical link is highly significant for the following innovations: concentrate feeding, fodder, treatment of straw with urea, cow tethering ($p<0.001$). These breeders also mainly come from the district of Sare Bidji (90%). They use animals for draught power and manure production, and have no particular preference for a type of breed.

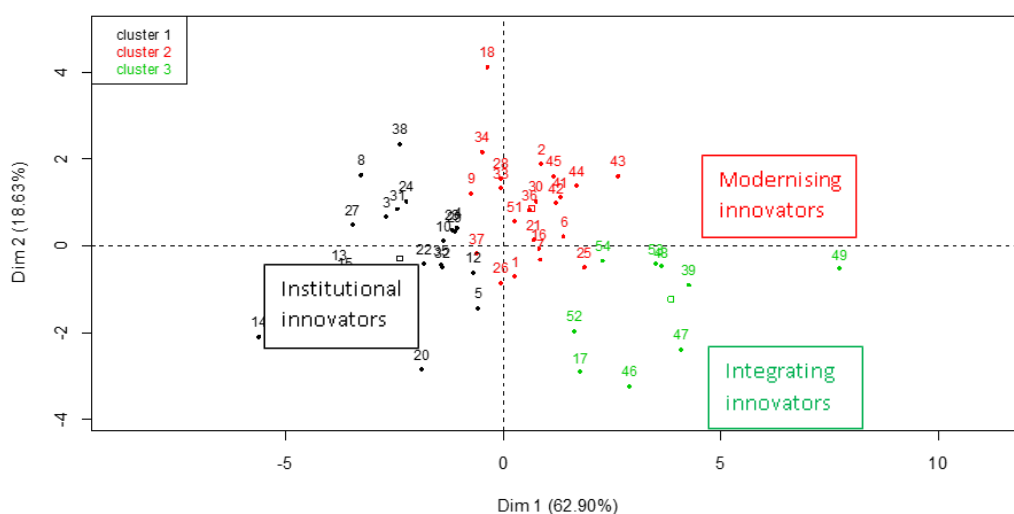


Figure 4 – Graphical representation of the three categories of innovators among N'Dama cattle breeders on axis 1 and 2 of the hierarchical classification on principal component analysis of innovation and objective relative scores (numbers correspond to breeders' identifiers)

3. Discussion

3.1. Methodological contribution to breeding program evaluation

The proposed analysis of innovations helps understanding the place of genetics within the continuous change of practices. The method focuses on practical innovations but leaves aside the social processes that foster, accompany, impede or are provoked by these innovations. Therefore, approaches focusing on social processes around innovations would be useful to develop as a complement to the present approach. The absence of women in the present sampling is obviously a result of this social dimension. This calls for in-depth investigation of women involvement in decision-making regarding innovation in cattle husbandry and household's economic strategy. Also, the movement of resignation of breeders from the breeding program could be partly explained through social interactions, which are yet to be investigated.

3.2. Innovations and objectives

The high number of innovations cited in focus groups (23) reflects the multiple breeding objectives as well as the multiple influences on breeders. Indeed, most innovations have proved exogenous (19 on 23). The high citation rate of innovations such as concentrate feeding, vaccination and artificial insemination was explained in focus groups by the strong governmental support, through subsidies. Such support of the government to artificial insemination is widespread in developing countries, as for example in Ethiopia (Roschinsky *et al.*, 2015), illustrating the effective influence of incentivising policies on animal production practices. However, external influences alone do not explain innovation. Exogenous innovations entail, indeed, local adaptations that constitute reactive endogenous innovation but are not identified as such by livestock keepers. Often, introduced innovations are simplified by breeders whatever their origin, to adapt them to their practices, their budget and their environment (Vall *et al.*, 2012). Conversely, endogenous innovations have often been the matrix for NGOs intervention aiming at their further improvement and diffusion. These innovations may then appear as exogenous for some farmers who got to learn these from NGOs. Therefore, while the weight of exogenous innovation is indeed an indication of the influence of the State or NGOs, breeders always stay at the centre of the innovation process and should never be considered as passive recipients of external progress (Klerkx *et al.*, 2010).

Focus groups did not reveal major differences in the number and nature of innovations between localities (although they diverged in the overall ranking of the five most important innovations). Proportional piling made better appear variability within and between districts. The use of concentrate feeding, vaccination, building of cowshed and practice of artificial insemination with exotic breeds are deemed more important by breeders of Medina Elhadji. As Dioulacolon, this district is located in the dairy belt of Kolda and has benefited from technical assistance in the process of intensifying dairy production and adoption of exotic crossbreeding. This dynamic is a typical example of sub-urban development of milk production, creating spots of more active genetic innovations through crossbreeding (Toure *et al.*, 2015).

These breeders were classified here as modernising innovators, which could also be called “exogenous” innovators, as they mainly rely on introduced technology and are more likely to adopt innovations from external agents. However, the presence of institutional innovators in both districts invites to consider the diversity of potential beneficiaries in each zone and thus the diversity of objectives to be served by the N'Dama breeding program.

The fact that the objective of milk production reached the highest proportional score in this study highlights the cultural, food and income-generating roles it plays. However, the relative weakness of this score (27% on average) underlines that this production fits into an overall context of strong multifunctionality of animals. The multiple uses of milk reflects itself the multifunctionality of livestock production in Senegal (Dieye *et al.*, 2002).

The preference for milk and meat production was more prevalent among modernising innovators. Indeed, as illustrated by Figures 3 and 4, a strong link appears between milk and meat production objectives, the use of crossbreeding, and the improvement of husbandry practices. Thus, the use of improved N'Dama sires promoted by the breeding program does not appear relevant to modernising innovators. These rather consider the N'Dama breed as a female basis to practice crossbreeding with Gobra sires (to produce meat) or exotic semen (to produce milk). The use of crossbreeding as a favoured strategy to improve animal production is widely reported in West and East Africa (Kamuanga *et al.*, 1999; Ilatsia *et al.*, 2012). Moreover, as also analysed by Leroy *et al.* (2015), crossbreeding appears in this study as the impetus initiating other innovations, then adopted as an adaptation to the needs of crossbred stock. Owning crossbreds has been here presented as the motivating factor to build cowsheds, which in turn has motivated and facilitated the development of feed supplementation. In this process, crossbreds thus play a key role as they appear in interviews as a symbol of modernity and a motivation in itself, as also shown in Niger (Siddo, 2017). This dynamic of innovation played a major role in the development of the milk supply chain in Kolda (Gaulier, 2005).

Other livestock functions (insurance, draught power and manure) have higher scores among institutional and integrating innovators. Similar results are found in Gambia and Mali where agro-pastoralists and pastoralists consider saving and insurance as their primary objective (Zaibet *et al.*, 2011; Traoré *et al.*, 2016). Breeders' interest in insurance and saving objectives is explained by the importance of livestock in strengthening their resilience (Wane *et al.*, 2010), which may both be in support of indigenous breeds conservation. However, in the present study, while breeders cite the use of N'Dama genetic as a means to meet insurance goals, this is not the case concerning saving (Figure 2). The latter goal is mainly achieved through innovations in health, feeding and also crossbreeding. As highlighted in interviews, this points to an understanding of saving as monetary, then better served through the sale of the products of crossbreeding rather than by an increase in herd size.

Institutional changes were well identified as innovations by breeders despite their less concrete nature compared to technical innovations. These were, however, less cited in focus groups. Similarly, farmers in Central Africa consider institutional constraints as less important than technical constraints for sustainable intensive farming (Schut *et al.*, 2016). This corroborates the present underestimation of institutional innovations by modernising innovators. However, institutional innovations have proved important in the development of the local milk sector in Kolda in the years 2000, e.g. through contracts between value chain actors (Dieye, 2006). This importance was better perceived by the here-described institutional innovators. This may be understood since many NGOs promote pastoral breeders organisations in order to facilitate their intervention. Farmers may also recognise the benefits of these organisations in allowing for collective purchase of inputs and achieve economies of scale (Charbonneau and Poinso, 2008).

3.3. Ongoing genetic improvement strategies and demand for N'Dama sires

There appears to be a clear-cut preference for crossbreeding among modernising innovators, which could have contributed to resignation from the program in this category. Nevertheless, the preference for the N'Dama breed among institutional innovators did not result in a better participation rate of this category. Finally, integrating innovators, despite their lack a clear breed choice, are characterised by massive non-participation. However, N'Dama's adaptive traits cannot be ignored in any of the three production improvement strategies. Among institutional and integrating innovators, it would fit into the goals of insurance and draught power, as also put forward in agropastoral systems in Mali and The Gambia (Traoré *et al.*, 2016 ; Ejlersen *et al.*, 2013). Among modernising innovators, while crossbreeding is the main strategy to reach production goals, this strategy obviously requires a trustful local genetic basis that can be provided by the N'Dama breeding program.

The N'Dama breeding program initially aimed at ambitious performance objectives, as classically defined (Wollny, 2003). However, breeders here pursuing such productivity goals do not value the N'Dama breed in this regard, then preferring a strategy of crossbreeding. This would explain the present resignation of many of the concerned breeders. On the contrary, breeders valuing the N'Dama adaptive traits did not adhere to the program, since it was initiated with a mean of milk and meat production. Interestingly, the only breeders of this group having adhered to the program remained interested in it.

Conclusion

This study proposes an analysis of the adequacy of a breeding program based on the stated importance of innovations for a diversity of breeders. The multiplicity of innovations cited reveals this diversity of potential beneficiaries of the N'Dama cattle breeding program for various production objectives. The objectives are closely linked to innovations in each category of actors. Genetics, although considered less important than other technical innovations, makes a clear distinction between breeders according to the type of innovation they use. Indeed, many technical innovations, especially exogenous, accompany the exotic crossbreeding. The implementation of the N'Dama cattle breeding program is justified by the adaptive traits of this breed to the sub-humid environment of southern Senegal, which can fulfil the different objectives of local breeders. To serve these objectives, the program would need to reconsider its own positioning and propose messages that are tailored to each of the three types of potential beneficiaries identified here. Breeding goals within the program would need to be re-established in a participatory process targeting the three categories of actors. The program should also gain in acceptance and relevance if it accompanies the production-oriented livestock keepers in their crossbreeding attempts, offering artificial insemination services next to the core-service of providing quality purebred N'Dama cows, and surveying the level of exotic blood in accordance with the technical ability of each client.

References

- Alter N 1999. Sciences de l'homme et entreprise: Les innovateurs sont-ils deviants? Sciences humaines. Retrieved 04 May 2017 from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=2016519>.
- Ayalew W, King JM, Bruns E and Rischkowsky B 2003. Economic evaluation of smallholder subsistence livestock production: Lessons from an Ethiopian goat development program. *Ecological Economics* 45, 473–485.
- Charbonneau M and Poinot Y 2008. De l'individuel au collectif. Les modes de gestion de l'élevage dans la puna péruvienne. *Études rurales* 181, 39–60.
- Dieye PN 2006. Arrangements contractuels et performances des marchés du lait local au Sud du Sénégal: Les petites entreprises de transformation face aux incertitudes de l'approvisionnement. PhD thesis, National Agronomic school, of Montpellier, Montpellier, France, 211pp.
- Dieye PN, Faye A, Seydi M and Cissé SA 2002. Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. *Cahiers Agricultures* 21, 417–426.
- Drucker AG, Gomez V and Anderson S 2001. The economic valuation of farm animal genetic resources: A survey of available methods. *Ecological Economics* 36, 1–18.
- Ejlertsen M, Poole J and Marshall K 2013. Traditional breeding objectives and practices of goat, sheep and cattle smallholders in The Gambia and implications in relation to the design of breeding interventions. *Tropical animal health and production* 45, 219–229.
- Fall A, Diop M, Sandford J, Wissocq YJ, Durkin J and Trail JCM 1982. Evaluation of the productivities of Djallonke sheep and N'Dama cattle at the Centre de Recherches Zootechniques, Kolda, Senegal. ILCA Research Report 3. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia, 70 pp.
- FAO 2015. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rome, Italy, available at: <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>
- Gaulier A 2005. Etude des innovations dans les ceintures laitières périurbaines de Haute Casamance (Sénégal). MSc thesis, Mediterranean Agronomic Institute, University of Montpellier, Montpellier, France, 112 pp.
- Hoffmann I 2010. Livestock biodiversity Institutional setting and concepts. *Revue scientifique et technique de l'Office international des Epizooties* 29, 73–86.
- Josse J and Husson F 2012. Handling missing values in exploratory multivariate data analysis methods. *Journal de la Société Française de Statistique* 153, 79–99.
- Kamuanga M, Tano K, Pokou K, Jabbar M, Swallow B and Dieteren G 1999. Farmers' preferences of

cattle breeds, their market values and prospects for improvement in West Africa : A summary review*. Proceedings of the 25th Meeting of the International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control (ISCTRC) 120, 271–298.

Kilelu CW, Klerkx L and Leeuwis C 2013. Unravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural Systems* 118, 65–77.

Klerkx L, Aarts N and Leeuwis C 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems* 103, 390–400.

Kosgey IS, Baker RL, Udo HMJ and Arendonk JAM van 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. *Small ruminant research : the journal of the International Goat Association* 61, 13–28.

Leroy G, Baumung R, Boettcher P, Scherf B and Hoffmann I 2015. Review: Sustainability of crossbreeding in developing countries; definitely not like crossing a meadow.... *Animal*, 1–12.

Leroy G, Boettcher P, Hoffmann I, Mottet A, Teillard F and Baumung R 2016. An exploratory analysis on how geographic , socioeconomic , and environmental drivers affect the diversity of livestock breeds worldwide 1. *American Society of Animal Science*, 5055–5063.

Philipsson J, Rege J, Zonabend E and Okeyo AM 2011. Sustainable breeding programmes for tropical low- and medium input farming systems. In: *Animal Genetics Training Resource*, version 3, 2011. Ojango, J.M., Malmfors, B. and Okeyo, A.M. (Eds), 1–35.

Roosen J, Fadlaoui A and Bertaglia M 2005. Economic evaluation for conservation of farm animal genetic resources. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122, 217–228.

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

Schut M, van Asten P, Okafor C, Hicintuka C, Mapatano S, Nabahungu NL, Kagabo D, Muchunguzi P, Njukwe E, Dongsop-Nguezet PM, Sartas M and Vanlauwe B 2016. Sustainable intensification of agricultural systems in the Central African Highlands: The need for institutional innovation. *Agricultural Systems* 145, 165–176.

Siddo S 2017. Evaluation socio-économique du potentiel de diffusion du zébu Azawak sélectionné au Niger. PhD thesis, Liege University, Liege, Belgium, 124pp.

Siddo S, Moula N, Hamadou I, Issa M, Marichatou H, Leroy P and Antoine-Moussiaux N 2015. Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger. *Archive of Animal Breeding* 58, 251–259.

Swaans K and Pali P 2013. Directives pour les plateformes d'Innovation: Facilitation, suivi et évaluation. ILRI Manuel 8. PP 40. Nairobi, Kenya.

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

Traoré SA, Markemann A, Reiber C, Piepho HP and Zárate AV 2016. Production objectives, trait and breed preferences of farmers keeping N'Dama, Fulani Zebu and crossbred cattle and implications for breeding programs. *Animal*, 1–9.

Vall E, Blanchard M, Diallo MA and Lecomte P 2012. L'innovation par simplification expliquée par le principe de moindre quantité d'action de Maupertuis : cas de l'intégration agriculture-élevage en Afrique soudano-sahélienne Innovation through simplification explained by the least amount of action p. *Rencontre Recherche Ruminants* 19, 401–404.

Wane A, Ancey V and Touré I 2010. Pastoralisme et recours aux marchés: Cas du Sahel sénégalais (Ferlo). *Cahiers Agricultures*, 14–20.

Wollny CBA 2003. The need to conserve farm animal genetic resources in Africa: Should policy makers be concerned? *Ecological Economics* 45, 341–351.

Wurzinger M, Sölkner J and Iñiguez L 2011. Important aspects and limitations in considering community-based breeding programs for low-input smallholder livestock systems. *Small Ruminant Research* 98, 170–175.

Zaibet L, Traore S, Ayantunde A, Marshall K, Johnson N and Siegmund-Schultze M 2011. Livelihood strategies in endemic livestock production systems in sub-humid zone of West Africa: Trends, trade-offs and implications. *Environment, Development and Sustainability* 13, 87–105.

Section études

Etude 3 :

Déterminants de participation des éleveurs au programme de sélection du bovin N'Dama

Cette étude a été publiée par la revue **Agronomy for Sustainable Development**

(doi : 10.1007/s13593-019-0591-1)

Préambule

Le chapitre 2 a montré l'importance des système d'élevage dans l'adoption d'une innovation génétique mais a laissé dans l'ombre le processus social de cette adoption. Le présent chapitre s'est intéressé aux motivations des éleveurs à participer au programme de sélection. Elle est partie de l'hypothèse qu'au-delà des facteurs statistiques objectivables, d'autres barrières d'ordre social, culturel ou psychologique, faiblement étudiées, peuvent déterminer la participation des éleveurs. Une association d'approches qualitatives et quantitatives a visé l'analyse des caractéristiques factuelles du sujet d'étude et des considérations normatives des acteurs. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue *Agronomy for Sustainable développement*.

Determinants of breeders' participation to an indigenous cattle breeding program

Younouss Camara^{1,2}, Mamadou Ciss², Nassim Moula^{1,3}, Mouhamadou Moustapha Sissokho²,
Frédéric Farnir^{1,3}, Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3*}

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

² *Institut Sénégalais de Recherche Agricole, Bel Air, routes des hydrocarbures - BP 3120, Dakar, Sénégal*

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

Abstract

Many cattle breeding programs were initiated in Africa to increase the productivity of indigenous cattle breeds. Most of these programs have failed, partly due to the lack of involvement of breeders. The present case study contributes to the understanding of such failures. The N'Dama cattle breeding program in Senegal was taken as a case study for an in-depth analysis of participation using mixed methods. Semi-structured interviews were conducted with 52 breeders: 26 who participated, 15 of whom recently resigned, and 26 who have never participated. Content and statistical analyses have been conducted to evaluate the motivations of breeders and the factors influencing their participation in the breeding program. Results more particularly highlight the complexity of social issues within a breeding project, in face of classical determinants of adoption that are distance or production systems features. It pinpoints crucial levers of improvement, i.e. the management of animal property rights between the nucleus management and the participating breeders, the legitimacy of participants' representatives in cooperatives and the strategic mobilization of members social networks. Also, adding on previous works of the authors, this study highlights the need to take better account of the dynamics of production systems, then paying sufficient attention to the objectives, preferences and ongoing strategies of the breeders for the future. The present study is the first to highlight the value added of mixed methods to analyze innovation adoption and participation in a livestock breeding program, taking both into account the overall innovation drivers and dynamics tied to actors' strategies.

Keywords: N'Dama cattle, genetic improvement, breeders' motivations, mixed methods, Senegal

Introduction

At the end of colonization and in times of early independence, many cattle genetic improvement programs based on indigenous breeds were initiated in Africa (Fall *et al.* 1982). In the majority of cases, those programs have been developed as scientific research projects and lacked an involvement of breeders. Most of these programs have failed, partly due to this lack of involvement (Kosgey *et al.* 2006). Participation of livestock keepers is indeed recognized as essential to a sustainable management of animal genetic resources (Leroy *et al.* 2017). In the 1980s, attempts were thus conducted to actively involve breeders in program design in developing countries to improve the level of ownership (Diop *et al.* 1993; Bosso *et al.* 2007). Nevertheless, this ownership and participation remained low, translating into a low diffusion of elite germplasms into productive herds, if not into the cessation of the breeding program. Let us note that similar constraints are met in the development of crossbreeding programs in developing countries (Abdulai and Huffman 2005; Roschinsky *et al.* 2015). Understanding these constraints is needed to identify levers, conditions and adapted strategy for the mounting of successful breeding programs. Therefore, the present study focuses on the question of the factors influencing the decision of breeders to participate in an indigenous cattle breeding program.

Farmers' participation in agricultural extension programs has been the subject of many studies, being tied to the question of the adoption of technical innovations. Hence, mobilizing a diversity of approaches, these studies have identified a variety of factors influencing the decision or behavior of farmers to participate in programs or adopt defined innovations. These factors are, for example, the farmer's personal characteristics, as education level, and those of the farm, analyzed through quantitative methods (Abdulai and Huffman 2005; Suvedi *et al.* 2017), the social, psychological and institutional relationships, analyzed by qualitative method (Mankad *et al.* 2017), and conflicts or lack of communication between stakeholders, analyzed by mixed methods (Limon *et al.* 2014). Frameworks are also proposed to structure these factors and guide our understanding of farmers' behavior, as the theory of reasoned action and the theory of planned behavior, which are then associated to statistical approaches, quantifying behaviors and including psychological and sociological characteristics in the analysis of farmers' motivation to adopt an innovation or diversify their activities (Senger *et al.* 2017). In the case of genetic progress, Camara *et al.* (2019) mobilized multivariate analysis to highlight the need to analyze the adoption of pure-breeding or crossbreeding within the wider range of innovations farmers are developing and adopting with regards to evolving objectives and constraints.

This work focuses on the case study of a N'Dama cattle-breeding program, which has been running in Kolda in southern Senegal for more than 40 years (Figure 1). Farmers in this locality have long benefitted from a variety of research or development activities, among which the N'Dama cattle breeding program. Indeed, in addition to the livestock research activities carried out by the Zootechnical Research Centre (CRZ), other actors such as Non-Governmental Organizations (NGO), extension

services, or state agencies are carrying out important development activities on livestock, agriculture, health and building resilience. This strong exposure to external aid and interventions is hypothesized as having led breeders to form particular perceptions of these programs as well as expectations and structured strategies. Therefore, this case study is here chosen as a complex setting where participation to the program is potentially confronted to barriers of diverse nature. The N'Dama cattle breeding project appears as a particular case in point of the intermingling of social, economic and technical aspects in determining the success or failure of a livestock program. Indeed, having started in 1972, the Casamance N'Dama cattle breeding program has been running along a closed nucleus scheme until 1991. In that year, the nucleus was opened to breeders' animals, mainly in an attempt to foster participation (Diop *et al.* 1993). This stage started with a testing period between 1991 and 1996. In 2009, a new attempt to stimulate farmers' involvement was conducted through the creation of the Cooperative of N'Dama cattle farmers (CASE N'Dama), under the financial support of the project funding the breeding program. In 2015, the project has been hit by a wave of resignation, with 15 out of the 26 participating breeders leaving the project.

The latter peculiar history, which suggests complex underlying processes, made it necessary to adopt an open, mixed method approach to deliver a satisfying understanding of the situation. Hence, to analyze the factors and motivations at play, two types of analysis are here mobilized. One is a content analysis of narratives of three categories of breeders, defined according to their relationship to the breeding program: participants, resigning breeders and non-participants. The other mobilizes statistical methods, namely Fisher's exact test and logistic regression, to evaluate the influence of identified variables on the probability of participation of breeders in the breeding program. This association is considered as a relevant method to understand the factual characteristics of the subject of study and the normative considerations of the actors. On similar basis, a number of scholars have called for the development of a rigorous framework for mixed methods (Baškarada and Koronios 2018), of which this study represents an original application to animal breeding program analysis.

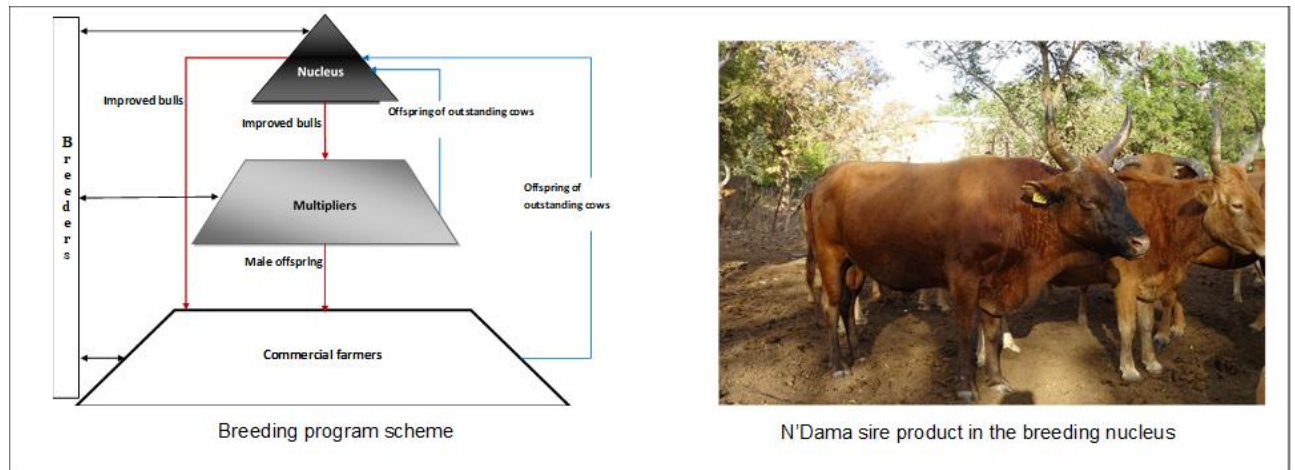


Figure 1 Schematic representation of the N'Dama cattle three-tier breeding structure with levels of breeders' participation and possibly upward migration of genetic material

1. Material and methods

1.1. Study area

The study was conducted in three districts of Kolda in Casamance, Senegal (12°54' N, 14°57' W), within a 30 km radius around in the Zootechnical Research Center (CRZ) of Kolda. These three rural districts are Dioulacolon, Medina Elhadji, and Sare Bidji, located at 10, 13, and 17 km from the CRZ, respectively. These districts are inhabited by a diversity of ethnic groups: the Fulani who are essentially pastoralists, the Mandingos who practice agriculture associated with some livestock (mainly cattle), Diolas and Balantes, whose activities are agriculture associated with pig farming and forest exploitation.

The region presents a sub-humid tropical climate, characterized by a bimodal seasonal regimen. The average annual rainfall of 1000 mm is distributed over 5 months, from June to October. The predominant economic activities are agriculture, livestock and forestry. The main livestock system is described as agro-pastoral, practicing crop-livestock integration in mixed rainfed agricultural systems. During the growing season, the animals graze in the forest and at the end of the harvest, they are parked on the fields. Animal manure is used for soil amendment and animal power is used for ploughing. In turn, crop residues such as rice straw, millet or corn stalks and cotton seeds are fed to animals. In addition to the N'Dama pure breeding, breeders of this system practice crossbreeding (N'Dama cattle x Gobra cattle and N'Dama x exotic breed) for the production of animals for draught power, saving, and for meat and milk production (Camara et al. 2019). The second most common system is the grazing system. This system mainly rests on the use of the N'Dama cattle, preferred for its trypanotolerance (Camara *et al.*, 2019).

In this region, the CRZ and CASE N'Dama develop a breeding program on the N'Dama cattle to improve meat production ability of this breed while preserving its trypanotolerance. These stakeholders organize the program on three tiers (Figure 1): the breeding nucleus where improved bulls are produced (housed at the CRZ), the multiplication herd (kept by CASE N'Dama members) and the village herds where genetic progress has to be disseminated (commercial farmers).

1.2. Sampling and data collection

Interviewed breeders were selected following a dual sampling approach, using first a purposive then a respondent-driven sampling. Twenty-six breeders among those who collaborated with the CRZ were identified from the center's database (purposive sampling). These first respondents introduced us to breeders who had not collaborated with the CRZ (respondent-driven sampling). In total, 52 breeders were surveyed, corresponding to three groups concerning their involvement with the CRZ breeding program: those currently participating (n = 11), those who had resigned (n = 15) and those who never participated (n = 26). Invitations to contribute mentioned that the persons making decisions regarding cattle should be interviewed. Only men presented themselves at the interview meetings, being

considered in the zone as the heads of households. No woman was included in the sample since no cattle-holding woman-lead household was identified in the present study.

Each interview was conducted in two phases. A first phase consisted of a semi-structured discussion aiming at collecting narratives of the breeders about their history of relationships with the breeding project. During this narrative, the interviewer eventually asked more in-depth questions to invite the interviewee to provide more accurate account of their motives, their perception of program outputs, of meaningful events and responsibilities. In a second phase, data were systematically collected along a questionnaire including both categorical and numerical data. These survey variables were grouped into five broad categories, based on a first phase of preliminary open interviews with key-stakeholders (breeder's organization) and literature (Abdulai and Huffman 2005; Suvedi *et al.*, 2017). These categories are described here below: (1) farmer's characteristics, (2) farm characteristics, (3) objectives and desired production techniques, (4) institutional characteristics, and (5) access to services and markets. Face-to-face interviews with each farmer provided information on various aspects of each categories, as detailed here below.

- Farmer characteristics – This category is composed of two categorical variables with three modalities each, i.e. place of residence (Dioulacolon, Sare Bidji and Medina Elhadji) and main economic activity (livestock, agriculture and trade), and a binary variable about education level (formal or no formal education);
- Farm characteristics – This category is composed of a quantitative variable, i.e. herd size (number of animals), and a binary variable, i.e. feed supplementation (yes or no);
- Production objectives and techniques – This category is composed of three categorical variables, i.e. breeders' objectives with six modalities (insurance, saving, income, cultural, traction and manure), preferred breed with four modalities (N'Dama, Gobra, Djakore and exotic crossbred) and genetic improvement with three modalities (N'Dama purebreeding, N'Dama-Gobra crossbreeding and exotic crossbreeding);
- Institutional relationships – This category is composed of three binary variables (yes or no), i.e. other relationship with CRZ, beneficiary of other program, membership of a farmer organization;
- Distance to services and markets – This category is composed of three distances (in km), i.e. from farm to CRZ, to livestock market and to dairy transformation unit.

The questions were administered in Fulani language (the language mostly spoken in the area). The responses collected were recorded, transcribed and translated in French.

1.3. Data analysis

1.3.1. Content analysis of narratives

The first phase of interviews was subject to content analysis, conducted on translated transcripts based on the first steps of grounded theory (Strauss and Corbin 1990). Hence, following an open coding process, key-words and meaningful expressions were identified and grouped into categories. These categories related to distinct steps, modes or aspects of the relationship between the interviewee and the breeding program. These rubrics were coded and filed in a spreadsheet (Excel Microsoft Office, 2016). Part of this narrative information was subject to a visualization through the construction of frequency histograms. Hence, the motivations of the breeders for participating or not, and for resigning or maintaining in the program, have led to a descriptive statistical analysis along citation rates based on open coding outputs. In accordance with the principle of triangulation, stated information about facts, whether historical or contextual, were crosschecked between independent interviews.

1.3.2. Statistical analysis of questionnaire data

Statistical analysis was conducted in three steps. A first step consisted in an application of a Fisher's exact test to evaluate dependence between each explaining variables and the project participation variable along its three modalities: current participants, resigning breeders and non-participants. A Spearman correlation was also computed between all explaining variables. P-values under 0.05 were considered as statistically significant.

In the second step, a binary logistic regression model (questionr package, glm function, family = binomial) was used to analyze the relationship between the explaining variables and the participation variable (Suvedi *et al.*, 2017). For this analysis, participation variable was transformed into a binary variable, distinguishing non-participants and participants (current and resigning). The merging of current participants and resigning breeders aims at focusing the analysis on the first participation of breeders in the breeding program, which is indeed common to both categories. The resigning processes is then tackled through Fisher's exact test (chosen due to limited numbers of observations by category once the three categories are considered separately) and content analysis. A series of univariate analyses was conducted for variable selection. Any variable with a p-value lower than 0.2 is considered as a potential determinant for the dependent variable under study and selected for the third step. The latter consisted in a progressive elaboration of a multivariate logistic regression model, through stepwise method. The inclusion criterion was the Akaike information criterion (AIC), variables with an AIC lower than the AIC of the full model being removed (MASS package, stepAIC function). Through the process, it was checked that the selected explaining variables did not present significant correlations between them. All statistical analyses were performed using R software (R Development Core Team 2017, version 3.5.1).

2. Results and discussion

In this section, narrative and statistical results will be reported simultaneously. Some of the narrative results will be mobilized in the interpretation of the statistical results, while some statistical outputs will be recalled or presented to discuss those of the narrative analysis. Figure 2 proposes a visual representation of motives for initiating, maintaining, resigning and not participating in the program, based on citation rates as derived from open coding.

2.1. Congruence with breeders' objectives, main motive for participation

The main motive for participation is the quality of animals produced at the breeding nucleus, being stated by almost all participating breeders. This motive explains also the continued adhesion of breeders. In their language, the quality of animals is synonymous with aesthetics but also resistance. *"The tawny color of the sire's coat that I received allowed me to have products of the same coat."* Indeed, this appearance will be key in determining the price of an animal on the market, "beautiful" animals then allowing breeders to meet certain financial needs through the sale of fewer heads. In addition, breeders keeping purebred N'Dama explained their interest for resistance by the low use of veterinary inputs and the good ability of this animal to graze in the forest, contrary to crossbreds. Animal resistance refers here more particularly to trypanotolerance, which is a major trait of N'Dama breed, i.e. its ability to produce under trypanosomian infestation.

In breeders' narratives, resistance is synonymous with herd growth and their ability to maintain a large herd with few inputs. However, despite the recurrence and importance of herd size in the decision of breeders as noticed by content analysis, the direct link between herd size and participation did not prove significant (Table 1). Nevertheless, both the herd size and the number of N'Dama cattle are significantly and positively tied to the number of animals sold (Spearman's test, $r = 0.45$ and $r = 0.4$, respectively), which was significantly linked to participation as shown by logistic regression (Table 2). This indirect link may be interpreted as highlighting the importance of savings and insurance objectives in traditional farming as well as the role of indigenous breeds in meeting these goals (Camara *et al.*, 2019). Rather than resulting from a commercial logic, the sale of animals mainly aims at facing eventual financial needs. Farmers with larger herds feel more comfortable in selling cattle for a wider set of reasons, not only extreme emergencies. Sale may also intervene as a tool to manage herd composition in terms of age and sex or as a reaction to animal diseases or injuries, thus reinforcing the link between offtake and herd size. This savings and insurance role is then rather played by resistant indigenous breeds, showing lower individual value, in both purebred and mixed herds (Stear *et al.*, 2001; Traoré *et al.*, 2018; Camara *et al.*, 2019). The lower individual value comes as an explanation for the preferential destocking of these indigenous animals, which also means that more animals have to be sold to cover a given expense compared to crossbreds. Therefore, the adhesion of farmers to the N'Dama breeding program appears both statistically and narratively tied to this N'Dama-based livelihood strategy, translating into a link

with animal sales rather than with the herd size directly. Indeed, large herds may be found in the side of breeders having adopted a distinct strategy, i.e. a commercial and crossbred-based one.

The congruence between their personal goals and the program's goal, which is to improve the animal's format and its conservation, is also expressed as a motive. Other related motives were the preservation of their culture, their way of life and their breeding practice. Studies of community-based breeding program models showed that farmers' interest considered in these programs is a prerequisite for their participation (Mueller *et al.*, 2015).

On the contrary, farmers who were informed about the program and did not participate in the program stated the lack of adequacy of the program with their own milk production objectives as the main motive of their decision. The latter explanation is in line with the negative effect of milk production objective on participation as shown through logistic regression. In addition, milk production is negatively correlated with the stated preference for N'Dama breed ($r = -0.31$) (Table 2). However, let us note that the negative correlation between milk production objective and the rearing of pure N'Dama herd is not statistically significant ($r = -0.14$). This apparent discrepancy may be understood as pointing to the ongoing transformation of production systems in the zone, breeders showing a willingness to evolve towards milk production and, considering N'Dama as not suited to this goal (Camara *et al.*, 2019). In fact, the dairy production of N'Dama cattle rarely exceeds 2 liters per day, which appears low compared to zebu cattle (Traoré *et al.*, 2018). With such production performance gap, crossbreeding appears as a more effective and rapid strategy for improving cattle productivity, which has been particularly shown for milk in Africa (Traoré *et al.*, 2018). From descriptive statistics, 88% of breeders mixing N'Dama and other genetic types were non-participants against 64% of current participants and 60% for resigning breeders (Table 1), although these differences were not significant ($p=0.06$). Thus, the objective of milk production justifies the use of crossbreeding and modern production techniques by non-participants and resigning farmers (Camara *et al.*, 2019).

2.2. The ambiguous role of social bonds

Content analysis highlights the role played in participation by existing relationships between the CRZ and breeders' families. *"My family has been working with the CRZ since 1974, I grew up in these relationships and I have to continue and maintain them"*. These types of relationships put forward by the breeders are even the first motivation for maintaining in the program (Figure 2). Statistical analysis confirmed this importance of the relationships between breeders, CRZ and CASE N'Dama, distinguishing significantly between the three categories of breeders (Table 1). Some breeders also argued that the creation of the CASE N'Dama consolidated these relationships by the multiplication of meetings between them and the CRZ. These have significantly contributed to their decision to stay in the program. Such relationships that extension services can build with livestock keepers is widely recognized as enabling animal resource management and breeding programs implementation in

development countries (Abdulai and Huffman 2005; Leroy *et al.*, 2017). This points to the link between social bonds and “technology adoption”, here translated as participation to the program (Bandiera and Rasul 2006). These relationships facilitate collaborative action between breeders and local research and extension units (Mueller *et al.*, 2015).

Nevertheless, the mobilization of social bonds in the program outreach strategy appeared to play a dual role. Indeed, Dioulacolon district, which is home to the CRZ, harbors significantly more participants (Fisher’s test), with 54% of participating breeders (Table 1). This dominance shows that the initial recruitment failed at reaching farmers outside of the right-of-way area of the center. From narratives, it appears that the project’s strategy for farmer recruitment rested on the social network of a major local stakeholder. Hence a single breeder, native of Dioulacolon, had been instrumental in eliciting farmers’ adhesion and had then been nominated by project managers as president of the so-created CASE N’Dama. Along the same idea, previous studies in Brazil have shown that extension and research agents can use families and friends as a means of social pressure to influence the farmers behavior to adopt a technology (Borges *et al.*, 2016).

This strategy of breeders inclusion through social and family ties of an initial key-stakeholder proved successful as it allowed for the creation of the cooperative. As mentioned hereabove, this cooperative then helped establishing direct ties between farmers and the breeding program, as well as between farmers inside and outside of the concerned social network. Unfortunately, the fact that the past president is native from Dioulacolon, i.e. the same district where the CRZ is located, contributed to limiting the geographical outreach of the program. A more open communication strategy indeed appeared here to have lacked, with non-participation being mainly explained by a lack of information (Figure 2). From the statistical analysis, this reason has to be linked to the negative effect of distance on participation, with an especially weak representation in the program of farmers from Sare Bidji (logistic regression). Indeed, 61% of breeders living more than 10 km from the breeding nucleus have never participated in the program (Fisher’s test) (Table 1). While this distance appears here as a physical barrier limiting the access to information (Abdulai and Huffman 2005; Hadush 2017), it also appears tightly related to the issue of social networks extension and how those are mobilized or not in the program design.

A second issue around this outreach strategy is that it introduced a fragility in the program, due the dependence on this particular social network. Indeed, some resigning breeders explicitly mentioned a direct pressure from the past president: *"I resigned because my uncle, former president of the CASE N'DAMA and who was at the origin of my participation, asked me to do it "*. It may be observed also that 73% of the resigning breeders were from Dioulacolon (Fisher’s test) (Table 1). This resignation movement was thus spurred by an initial conflict between the program and the past president, as further detailed here below.

As a lesson learnt, we may propose that the social network of key-players should be mobilized more strategically to favor a geographical expansion of program's basis. Also, the latter medium has to be kept in an inception role, enabling as soon as possible the building of direct ties with the program. Social dynamics at play in the constitution of community-based breeding program are then to recognize as complex and deserving in-depth analysis. Indeed, breeding programs crucially call for continuity, hence for a sustained effort and involvement of participants. Also, a geographically wide participation is needed to ensure both genetic diversity and program's outreach. The social anchorage thus needs to be methodically monitored and strengthened to protect and optimize the common investment of participants.

2.3. Institutional roots of trust and program's outreach

The question of relationship between breeders and the program may be framed as an issue of trust. Some breeders explained that their own observations of the good ability of the CRZ to conduct a breeding nucleus has built up their trust and reinforced their willingness to participate. On the contrary, complaints on husbandry were also given as a motive for resignation. Hence, one actor stated: *"I did not see any interest in staying in the program because the animals I introduced stayed for two years without calving unlike those in my herd"*. Others mentioned problems of too high mortalities in the nucleus. The concerned breeders deem that the CRZ has inadequate human resources, knowledge and infrastructure to raise N'Dama cattle. One farmer considered the center manages herds with *"civil servant hours"*, i.e. working from 8 am to 4 pm, *"while the conduct of animals on pasture requires a greater availability"*.

Beside possible gaps in animal management, these facts may also be expected consequences of the inclusion of trypanotolerance as a trait for animal selection. Indeed, to include this trait in the breeding design, animals are reared under a trypanosomian stress where trypanocides are used only curatively, in severe cases. This requirement of the breeding design may cause degradation of the general condition of the animals, decreased reproductive performances and even mortalities. A similar selection design has been applied in Gambia with the major difference that animals subjected to the selection all belong to the International Trypanotolerance Centre (ITC) Bosso *et al.*, 2007). Therefore, although calving interval was longer in the nucleus of Gambia compared to that in Kolda (20.5 months vs. 17.6 months) (Agyemang *et al.* 1997; Camara 2012), this did not affect trust between farmers and the program in the case of Gambia.

Some resigning breeders also reported an organizational problem of the breeding program as a main motive to resign. While some indicated cases of misconduct (e.g. *"discrimination made by the CRZ and CASE N'DAMA in the dissemination of the N'Dama sire"*), a more constant case was made of the absence of compensation, i.e. *"promised veterinary monitoring of our herds to compensate for the milk our cows produce in the breeding nucleus"*. During the test phase of the opening of the breeding nucleus to the farmers' herds in the 90's, each farmer received 20,000 CFA (30.5 euros) per month and per cow,

to compensate for the lost milk. The shift towards a community-based program through the creation of CASE N'Dama was then made with the idea that the program should be organized and led by breeders. Therefore, financial compensation was felt as contrary to this spirit and threatening the sustainability of the program. Contrary to this idea, in another context, several studies in Tanzania, Ethiopia and Uganda reported that a subsidy given to farmers has increased the adhesion rates to breeding programs, contributing to their success (Roschinsky *et al.*, 2015). Finally, while the impact of dependence on external funding on sustainability is a valid concern, the response consisting of cancelling the compensation scheme proved detrimental to the project. Solutions may thus be sought in the provision of compensation by the cooperative, then mainly funded through members' subscription.

The issue of animal ownership appeared limiting in one more aspect, i.e. the shared ownership of the herd among a family. Interestingly, in such cases, breeders affirmed their personal adhesion to program's objectives but were stopped by the other members of the family, who had the power to do so due to the shared property rights.

Therefore, the issue of trust and participation is more particularly tied to the institutional arrangement around animal ownership, the distribution of benefits among participants and the compensations to provide to contributing breeders. Indeed, since pure breeding programs deliver results in the long run, the short- and medium-term expectations of farmers must be met through subsidies, compensating for their investment in terms of time, labor or animals. The need to submit animals to a trypanosomian stress in the selection process makes these questions even more central to the success of the program, which then appears as a gap in the design of the Casamance N'Dama breeding program. The adequacy between the program and local property rights on livestock has then to be tailored through a careful consultation of breeders, which could have avoided in this case the neglect of shared property rights. The balance to be sought has then to consider the costs and benefits as well as consequences on viability of different strategies, going from the simple acquisition of cattle by the external project to the individual compensation for the provision of animals without a transfer of ownership, and including various possible levels of collective property rights or cost-sharing schemes in delivering individual compensations.

2.4. Competition, conflicts and power relationships

Some breeders reported as a motive for non-participation that they are beneficiaries of activities in “another program with objectives that are opposed to those of the breeding program”. Indeed, associations and breeders' organizations are often set up by NGOs to facilitate and make their actions visible (Charbonneau and Poinot 2008). By doing so, these associations would prohibit their members from participating in activities developed by other programs and projects that could overshadow the activities of their donors. As already described by Castaneda (2005), this strategy of donors appears as an instrumentalization of peasant organizations for the project's benefit. This element clearly appears

from the variable “membership in an organization” (Table 1), of which the link with the 3-modalities participation variable appears tautological once light has been shed on this social reality: all members of an association are requested not to adhere to other associations. In the present case, resigning breeders, hence former members of CASE N’Dama, were contacted by another NGO at the time of their resigning movement to form a new group still under external funding. The presence of farmers not belonging to any association both among those who never participated and those who resigned explains the lack of statistical effect detected through regression analysis with the 2-modalities participation variable.

The narrative analysis disclosed a diversity of motives behind the conflict and resigning movement. The different natures of conflicts between breeders, CASE N’Dama and the CRZ indicate a deep malfunction of the breeding program. The positive dynamic of a network of actors is a necessary basis for the adoption of technical innovations (Triomphe et al. 2016). The conflicts between the breeders and their cooperative appears as resulting from project interference in the permanent struggle between breeders for leadership and recognition. Indeed, the past president had been nominated by the project with the overall agreement of participants who had been in majority brought there through his social network. After two years, an extraordinary general assembly of CASE N’Dama was convened at the request of breeders to provoke early elections, which led to the nomination of a new president and the resignation of the past president as well as of his supporters. According to converging breeders’ narratives, it appears that this general assembly had been requested based on repeated complaints from project managers about the literacy level of the past president which was deemed insufficient to participate in meetings and represent the cooperative and the project. Let us note that the newly elected president is indeed a retired teacher with the needed literacy level. Leadership in a community obviously results from complex endogenous processes, which here mainly refers to the traditional Fulani leadership, held by the so-called "Jarga", i.e. the owner of a large herd, who integrates around him several small breeders, providing them support. As a matter of fact, in a community with a majority of illiterate members, the criteria of education as requested to hold collective responsibilities is a potential source of social inadequacy and conflict. The lack of relevance of education as a criterion may be supported by the lack of significant effect of this factor on the participation in the breeding program (Table 1).

This case study may come at first sight as an example of how power struggles and the manifestation of power relations within communities may constitute an important limit of peasant cooperatives for the adoption of innovations. Such struggles have been shown to possibly lead to abandonment of the proposed innovation (Babeau and Chanlat 2011). However, in-depth analysis joining narratives and statistical approaches helped us disentangling the complex determinants of these conflicts, establishing the share of responsibility in this failure that has to be ascribed to project design and strategy.

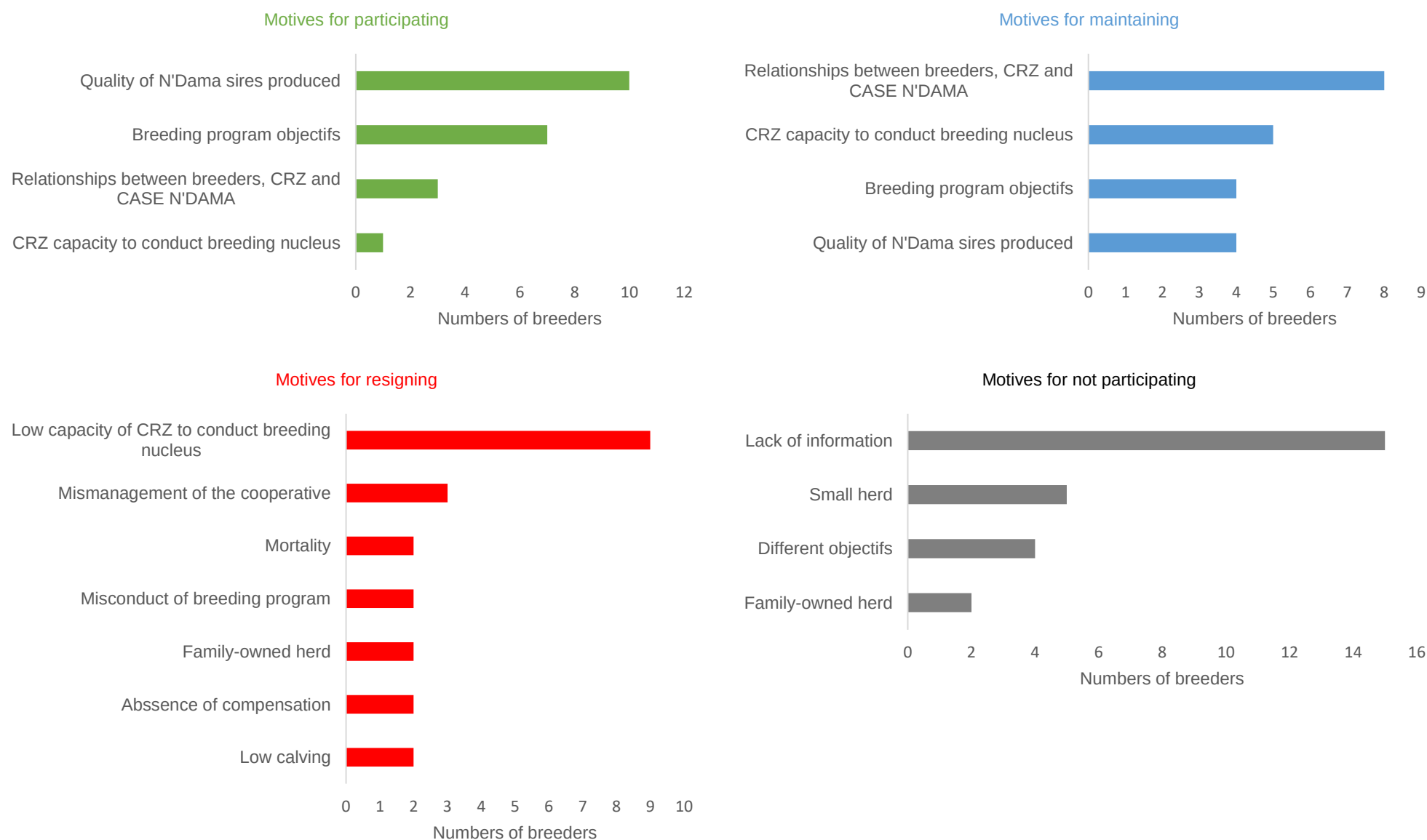


Figure 2 Stated motives of breeders for participating, for maintaining, for resigning or not participating in the breeding program (number of citation, derived from open coding). CASE N'Dama: *Coopérative des Agroéleveurs Sélectionneur du bovin N'Dama* (Breeders Cooperative for N'Dama cattle breeding); CRZ: *Centre de Recherche Zootechnique* (Zootechnical Research Center).

Table 1 Distribution of breeders along surveyed variables and statistical link to participation variable and univariate logistic regression of factors determining breeder's participation in the N'Dama breeding program

Variable	Modalities	Fisher exact test				Univariate logistic regression test			
		Number of Farmers				Statistical significance	Coefficients (St. Err.)	Z-values	P-values
		Total	P	R	NP				
District	Medina Elhadj	12	2	2	8	**	-0.95 (0.63)	-2.26	0.02*
	Sare Bidji	18	3	2	13				
	Dioulacolon	22	6	11	5				
Education	Formal	12	5	2	5	NS	0.43 (0.67)	0.60	0.50
	No formal	40	6	13	21				
Activity	Agriculture	17	1	7	9	NS	-0.68 (0.61)	-1.11	0.30
	Livestock	31	9	8	14				
	Trade	4	1	0	3				
Type of livestock	Supplementation	39	8	11	20	NS	1.07 (0.68)	1.15	0.37
	No supplementation	13	3	4	6				
Cattle breeds raised	N'Dama only	13	4	6	3	NS	1.57 (0.73)	2.13	0.03*
	N'Dama and other breeds	39	7	9	23				
Preferred breed	N'Dama	31	9	9	13	NS	0.81 (0.58)	1.40	1.16
	Others breeds	2	2	6	13				
Preferred genetic improvement	N'Dama/Gobra crossbreeding	18	3	4	11	NS	0.94 (0.57)	1.65	0.09
	N'Dama purebreeding	25	8	8	9				
	N'Dama/Exotic crossbreeding	9	0	3	6				
Other relationship with CRZ	Yes	25	11	14	0	***	-0.15 (0.56)	-0.28	0.78
	No	27	0	1	26				
Member of an organization	CASE N'Dama	11	11	0	0	***	0.44 (0.67)	0.65	0.51
	Others	28	0	9	19				
	No	13	0	6	7				
Herd size (No)	[24, 50]	14	1	4	9	NS	0.01 (0.007)	1.76	0.07
	]50, 100]	24	6	5	13				
	]100, 260]	14	4	6	4				
Distance breeder - CRZ (km)	[4-10]	16	5	7	4	*	-0.02 (0.05)	-1.98	0.05*
	]10-15]	27	6	5	16				
	]15-25]	9	0	3	6				
Distance breeder - livestock market (km)	[5-15]	22	5	6	11	NS	-0.007 (0.03)	-0.24	0.81
	]15-25]	18	3	6	9				
	]25-45]	12	3	3	6				
Distance breeder - dairy transformation unit (km)	[0-10]	32	9	11	12	*	-0.02 (0.05)	-1.23	0.19
	]10-23]	20	2	4	14				
Animals sold per year (No)	[0-4]	34	4	9	21	*	0.69 (0.59)	1.16	0.20
	]4-10]	18	7	6	5				
Objectives of production	Milk objective	8	0	2	6	NS	-0.59 (0.56)	-1.05	0.20
	Others objectives	44	11	13	20				

Table 2 Correlations between explaining variables

	District	Cattle breeds raised (N'Dama)	Preferred breed (N'Dama)	Objectives of production (Milk)	Herd size	Distance breeder - CRZ (km)	Distance breeder - dairy transformation unit (km)	Animals sold per year (No)	Preferred genetic improvement (N'Dama pure breeding)	Presence of livestock market
District	1	-0,45***	-0,42***	0,07 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,30*	0,34**	-0,04 ^{NS}	-0,26 ^{NS}	0,02 ^{NS}
Cattle breeds raised (N'Dama)		1	0,46***	-0,14 ^{NS}	0,21 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	0,4*	0,31*	0,30*
Preferred breed (N'Dama)			1	-0,20 ^{NS}	0,25 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,6***	0,10 ^{NS}
Objectives of production (Milk)				1	0,03 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,009 ^{NS}	-0,31*	0,20 ^{NS}
Herd size					1	-0,04 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,45***	0,13 ^{NS}	0,08 ^{NS}
Distance breeder - CRZ (km)						1	0,17 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	0,06 ^{NS}
Distance breeder - dairy transformation unit (km)							1	0,19 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Animals sold per year (No)								1	-0,06	0,14 ^{NS}
Preferred genetic improvement (N'Dama pure breeding)									1	0,04 ^{NS}
Presence of livestock market										1

3. Methodological insights

The originality of this work lies in its in-depth analysis of participation to a breeding program tackled through a mixed methodology, joining statistical and narrative analysis. Referring to the taxonomy of mixed methods along their structure, function and process, as proposed by Palinkas and co-workers (2011), we may qualify the present approach as i) in terms of structure, giving an equal role to its qualitative and quantitative components, ii) in terms of function, as mobilizing those in convergence and complementarity, each bringing a specific perspective on a same topic, sometimes on a same fact to analyze, and iii) in terms of process, merging results, through cross-validation or joint interpretation. Yet, both statistical and narrative approach are mobilized here as interpretive approaches, not aiming at an inference from the sample results to a population. Both approaches are assigned here the same role of in-depth understanding, forgoing a request for breadth that is the role commonly assigned to statistical analysis in mixed method literature (Flyvbjerg 2006; Palinkas *et al.*, 2011). Hence, throughout this analysis, statistical results could guide and complement interpretation of narratives, while narratives on several occasions proved necessary in making sense from otherwise statistically significant but “mute” results. None of the approaches, used as a stand-alone method, would have delivered the required understanding, i.e. one that is both locally actionable and prone to identify crucial factors in participation to be explored further.

The complementarity between statistical and narrative approaches also lie in the fact that each method directs the analysis towards distinct components of the human behavior under scrutiny. Indeed, through its attempts to identify overarching and systematic effects, statistical analysis may be described as focusing on a deterministic approach of innovation, considering actors' behavior as partly determined by the tested factors. As for narrative analysis, it highlights events and motives, hence a part of randomness and actors' strategies, which then refers to their degree of freedom within a partly determined framework (Crozier and Friedberg 1977). Hence, the mixed method provides an explanatory framework that helps to deepen the understanding, interpretation and validity of results. Interestingly, St. Pierre (2014) points out that "confusion and contradiction" are not uncommon when a researcher uses both methods simultaneously in the same study. As analyzed by Baškarada and Koronios (2018), such contradiction directly results from the poor or unclear integration of qualitative and quantitative approaches. In our case, such apparent contradictions appeared, as in the case of the effect of herd size, which could be clarified through a joint interpretation of these results.

4. Highlight: a matter of trust

The adequacy of breeders' objectives, whether based on social, cultural or economic factors (presence of livestock markets or dairy transformation units), with those of the breeding program is an important determinant of membership to the program but not sufficient. Social, family and institutional relationships have guided the decision of the breeders throughout the development of the program. Thus,

the breeders mentioned the same social or family reasons to justify their participation or their resignation from the program. For the promoters, these ties (between breeders, CRZ and CASE N'Dama), built on trust, should be assets to promote adhesion. Paradoxically, they constituted a fragility for the breeding program. Finally, the reasons for conflicts mentioned as having led to resignation result from these social and institutional problems and the breeding program conduct. These conflicts show a lack of trust between stakeholders, a distrust more precisely targeting the management of the program, the organization of CASE N'Dama and the husbandry practices in the breeding nucleus. Thus, to be effective and to avoid or limit conflicts, sustainable management of the breeding program must integrate the tools of local and traditional governance that are socially and culturally close to the breeders. It must also rely on a compensation mechanism for breeders who have agreed to put their herds at the disposal of the breeding nucleus. A governance promoting trust between partners within recognized institutions hence appears as the fundamental condition for the sustainability of the breeding program itself but also, in the wider picture, for the sustainability of livestock production in a region subject to important social, economic and environmental changes.

Conclusion

The present study is the first to take advantage of complementary statistical and narrative analyses to provide a detailed account of participation in a livestock breeding program. Building on methodological literature about mixed methods and case studies, it rigorously integrates numerical and textual approaches to highlight actors' behavior, in their determined and strategical dimensions. As regards participation to livestock programs, it more particularly highlights the complexity of social issues, pinpointing crucial levers of improvement, i.e. the management of animal property rights between the nucleus management and the participating breeders, the legitimacy of participants' representatives in cooperatives and the strategic mobilization of members social networks, in face of classical determinants of adoption that are distance or production systems features. Also, adding on previous works of the authors (Camara *et al.*, 2019), this study highlights the need to take better account of the dynamics of production systems within a changing context, then paying sufficient attention to the objectives, preferences and ongoing strategies of the breeders for the future.

References

- Abdulai A, Huffman WE (2005) The diffusion of new agricultural technologies: The case of crossbred-cow technology in Tanzania. *Amer. J. Agr. Econ.* 87:645-649. doi: 10.1177/0160017604266026
- Agyemang K, Dwinger R, Little D, Rowlands GJ (1997) Village N'Dama Cattle Production in West Africa: Six years of research in The Gambia. International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and International Trypanotolerance Centre, Banjul, The Gambia
- Babeau O, Chanlat JF (2011) Déviance ordinaire, innovation et gestion. *Rev Française Gest Lavoisier* 37:35–50. doi: halshs-00641100
- Bandiera O, Rasul I (2006) Social networks and technology adoption in Northern Mozambique. *Econ J* 116:869–902. doi: 10.1111/j.1468-0297.2006.01115.x
- Baškarada S, Koronios A (2018) A philosophical discussion of qualitative, quantitative, and mixed methods research in social science. *Qual Res J* 18:2–21. doi: 10.1108/QRJ-D-17-00042
- Borges JAR, Tauer LW, Lansink AGJMO (2016) Using the theory of planned behavior to identify key beliefs underlying Brazilian cattle farmers' intention to use improved natural grassland: A MIMIC modelling approach. *Land use policy* 55:193–203. doi: 10.1016/j.landusepol.2016.04.004
- Bosso NA, Corr N, Njie M, et al (2007) The N'Dama cattle genetic improvement programme: a review. *Anim Genet Resour Inf* 40:65–69. doi: DOI: 10.1017/S1014233900002200
- Camara Y (2012) Analyse génétique des performances zootechniques des bovins de race N'Dama et étude du système d'amélioration génétique à noyau ouvert. Institut Vétérinaire et Agronomique Hassan II, Rabat, Maroc
- Camara Y, Moula N, Sow F, et al (2019) Analysing innovations among cattle smallholders to evaluate the adequacy of breeding programs. *Animal*, 13:2, 417–426. doi: 10.1017/S1751731118001544
- Charbonneau M, Poinot Y (2008) De l'individuel au collectif: Les modes de gestion de l'élevage dans la puna péruvienne. *Etud Rurales* 181:39–60. doi: 10.4000/etudesrurales.8614
- Crozier M, Friedberg E (1977) L'acteur et le système, Edition du Seuil, Points Essais N°248, Paris, France
- Diop M, Sissokho MM, Niang S (1993) Mise en Place D'un schéma de sélection à noyau Ouvert pour l'amélioration génétique du taurin Ndama : Resultats du "Screening" des vaches exceptionnelles dans le département de Kolda (Sénégal).
- Dorly Castaneda (2005) Les organisations d'éleveurs et de pasteurs au Sénégal. In: *Reflexions et Perspectives/Institut Sénégalais de Recherche Agricole. (ISRA)*, 6:64

- Fall A, Diop M, Sandford J, et al (1982) Evaluation of the productivities of Djallonke sheep and N'Dama cattle at the Centre de Recherches Zootechniques, Kolda, Senegal. ILCA Research Report 3. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia, 70pp
- Flyvbjerg B (2006) Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Anthropol Notebooks* 12:219–245. doi: 10.1177/1077800405284363
- Hadush M (2017) Exploring Farmers' Seasonal and Full Year Adoption of Stall Feeding Of Livestock in Tigray Region, Ethiopia. *Econ Agric* 085:919–944. doi: 10.5937/ekoPolj1703919H
- Kosgey IS, Baker RL, Udo HMJ, Arendonk JAM van (2006) Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. *Small Rumin Res* 61:13–28. doi: 10.1016/j.smalr.2006.09.001
- Leroy G, Baumung R, Notter D, et al (2017) Stakeholder involvement and the management of animal genetic resources across the world. *Livest Sci* 198:120–128. doi: 10.1016/j.livsci.2017.02.018
- Limon G, Lewis EG, Chang YM, et al (2014) Using mixed methods to investigate factors influencing reporting of livestock diseases: A case study among smallholders in Bolivia. *Prev Vet Med* 113:185–196. doi: 10.1016/j.prevetmed.2013.11.004
- Mankad A, Loechel B, Measham PF (2017) Psychosocial barriers and facilitators for area-wide management of fruit fly in southeastern Australia. *Agron Sustain Dev* 37:1–12. doi: 10.1007/s13593-017-0477-z
- Mueller JP, Rischkowsky B, Haile A, et al (2015) Community-based livestock breeding programmes: Essentials and examples. *J Anim Breed Genet* 132:155–168. doi:10.1111/jbg.12136
- Palinkas LA, Aarons GA, Horwitz S, et al (2011) Mixed method designs in implementation research. *Adm Policy Ment Heal Ment Heal Serv Res* 38:44–53. doi: 10.1007/s10488-010-0314-z
- Roschinsky R, Kluszczynska M, Sölkner J, et al (2015) Smallholder experiences with dairy cattle crossbreeding in the tropics: from introduction to impact. *Animal* 9:150–157. doi: 10.1017/S1751731114002079
- Senger I, Borges JAR, Machado JAD (2017) Using structural equation modeling to identify the psychological factors influencing dairy farmers' intention to diversify agricultural production. *Livest Sci* 203:97–105. doi: 10.1016/j.livsci.2017.07.009
- St. Pierre EA (2014) A Brief and Personal History of Post Qualitative Research Toward Post Inquiry. *J Curric Theor* 30:2–19
- Stear MJ, Bishop SC, Mallard BA, Raadsma H (2001) The sustainability, feasibility and desirability of breeding livestock for disease resistance. *Res Vet Sci* 71:1–7. doi: 10.1053/rvsc.2001.0496

Strauss A, Corbin J (1990) Grounded Theory, procedures, canons and evaluative criteria. *Qual Sociol* 13.1:3–21. doi: 10.1007/BF00988593

Suvedi M, Ghimire R, Kaplowitz M (2017) Farmers' participation in extension programs and technology adoption in rural Nepal: a logistic regression analysis. *J Agric Educ Ext* 23:351–371. doi: 10.1080/1389224X.2017.1323653

Traoré SA, Reiber C, Zárata AV (2018) Productive and economic performance of endemic N'Dama cattle in southern Mali compared to Fulani Zebu and their crossbreds. *Livest Sci* 209:77–85. doi: 10.1016/j.livsci.2018.01.013

Triomphe B, Floquet A, Letty B, et al (2016) Mieux évaluer et accompagner l'innovation agricole en Afrique. Leçons d'une analyse transversale de 13 cas d'études. *Cah Agric* 25:1–11. doi: 10.1051/cagri/2016050

Addendum : précisions sur l'analyse statistique employée

Dans notre processus méthodologique, le test d'indépendance a été nécessaire pour établir l'absence de lien entre variables explicatives de la régression logistique. En l'occurrence, le test exact de Fisher a été mobilisé à cet effet. Le test de Spearman, quant à lui, était utilisé dans cette étude pour quantifier l'influence d'une variable sur une autre. Nous avons réalisé ce test en rangeant les catégories d'éleveurs en fonction de leur nombre dans chaque variable explicative à analyser. Calculer les corrélations sur la base de rangs fictifs est une source d'erreur potentielle. Notre objectif en réalisant la corrélation de Spearman entre les variables explicatives était de commenter les résultats principaux issus de l'analyse du contenu des discours des éleveurs. Ces corrélations ont été rappelées seulement à deux reprises dans la discussion pour vérifier les discours des éleveurs en ce qui concerne l'effectif du bovin N'Dama et le nombre d'animaux vendus et l'élevage du bovin N'Dama et leurs objectifs d'élevage. Par contre, elles n'ont pas été considérées dans le reste du processus de la méthodologie. Seuls les résultats issus du test exact de Fisher et de l'analyse du contenu des discours ont été considérés dans le choix des variables pour la régression logistique multivariée. Par conséquent, les erreurs potentielles liées à l'usage de rangs fictifs n'ont pas d'impact significatif sur les résultats principaux de cette étude dont l'originalité repose sur l'association de l'analyse statistique à la méthode qualitative. Ayant attiré son attention sur ce point, le lecteur est laissé libre de retenir ou non la totalité de l'argumentaire proposé, notamment l'usage proposé des corrélations de Spearman dans le commentaire des narratifs.

Section études

Etude 4 :

Opinions d'experts sur les rôles des parties prenantes dans la gestion et la pérennisation d'un programme de sélection bovine dans les pays en développement

Cette étude a été publiée par la revue **Livestock Science**

(doi : 10.1016/j.livsci.2019.08.014)

Préambule

Le chapitre 3 a révélé le poids des relations sociales et des réseaux d'acteurs dans la participation ou non et la démission des éleveurs au programme de sélection du bovin N'Dama. Cette relation des éleveurs avec le programme serait aussi liée aux stratégies développées par les promoteurs. Le chapitre 4 s'est donc intéressé aux stratégies d'implication des parties prenantes. Il est parti du postulat que le succès d'un programme de sélection dépend aussi de la vision de son concepteur. Cette étude a utilisé la méthode d'enquête Delphi pour identifier l'opinion des experts en élevage sur l'implication des parties prenantes, leurs rôles, leur impact et leur interaction dans un programme de sélection bovine des pays en développement. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue *Livestock Science*.

Stakeholder involvement in cattle-breeding program in developing countries: a Delphi survey.

Y. Camara^{a,b}, F. Sow^b, B. Govoeyi^a, N. Moula^{a,c}, M.M. Sissokho^b and N. Antoine-Moussiaux^{a,c,*}

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

^bISRA, Bel Air, routes des hydrocarbures, BP 3120 Dakar, Sénégal

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

Abstract

Stakeholders' involvement is key to breeding programs' success. The identification of stakeholders, their categories, respective role and weight in the overall process therefore constitutes a crucial aspect of animal breeding. The objective of this paper is to show how the different international experts in breeding perceive the participation of stakeholders and their collaboration in the sustainable management of cattle-breeding programs in developing countries. This study uses the Delphi method to collect experts' opinions on stakeholders' involvement in breeding scheme design. In a first round, experts are asked to list all potential stakeholders and to score them on a scale from 1 to 5 according to the perceived importance of roles assigned to them. In a second round, experts were asked to confirm or modify their first notes for each proposal, by taking into account the opinion of the other experts. In the first and second rounds, 17 and 12 experts answered our questionnaires respectively. Two types of analyses were first realized, i.e., a statistical analysis, which evaluated the consensus and the divergence between experts, and a textual analysis, which evaluated the arguments and the roles. Then a factorial correspondence analysis was conducted to propose a typology of stakeholders according to their roles. In the first round, the State representatives, researchers and breeders were frequently mentioned, but the experts variably perceived the importance given to them individually. In the second round, the experts confirmed the need to involve these stakeholders. Between the two rounds, a convergence of views is observed on this implication, despite a persisting divergence on the assigned roles and their relative importance. This diversity of views may have reflected a diversity of origins and professions of responding experts. Development professionals considered the State as the main actor, while researchers considered the breeders and researchers. Expressed through a typological analysis, this divergence of experts' perception of roles suggests three groups of actors playing main roles. Group 1 corresponds to research, which role is to provide a scientific support for genetic and economic evaluation, as well as technological development. Group 2, composed of State, NGOs and funding institutions, covers roles in financing, subsidizing and capacity building. Group 3, including farmers and their organizations, is responsible of the breeding program management, genetic progress and breed conservation. The

proposed typology of actors according to their role may intervene as a basis of discussion, helping in the identification of fruitful agreements beyond the perspective of one sole expert in charge of the designing of a breeding program. It suggests an organization that federates these groups of actors and defines the intervention framework and the activities of the breeding program.

Key-words: experts' opinions, actors' involvement, breeding scheme design, consensus, divergence

Introduction

Livestock plays an important role in human nutrition and health, as well as poverty reduction in developing countries (Randolph *et al.*, 2007). Animal productivity in these countries has increased since 1990 through breeding policies, including crossbreeding and pure-breeding programs based on indigenous breeds (Alary *et al.*, 2007). However, the latter programs have not achieved the expected results, due to a lack of involvement of key stakeholders and / or the poor coordination among them (Kosgey *et al.*, 2006). In addition, many of these breeding programs are operating in isolation, without a direct link to the production sector and do not achieve their goal, being led by NGOs or research institutes without a built-in and continued consideration for the objectives and concerns of the livestock keepers (termed ‘breeders’, throughout the text) in an evolving context (Mueller *et al.*, 2015). Furthermore, since these programs require mobilizing great human, animal and material resources (Leroy *et al.*, 2017), their viability then constitute an important concern, to be considered technically, financially and institutionally. Hence, stakeholders’ participation appears as central to success in all three dimensions, and must be sought at all steps of program development and implementation. However, to go beyond the general assertion of the need for collaboration and participation, one should precise the actors to be involved, their roles and their interaction at each step of the process (Kahi *et al.*, 2005; Wurzinger *et al.*, 2011).

The theory of agricultural innovation systems shows the importance of multi-stakeholder interaction and cooperation for the development of the agricultural sector (Klerks *et al.*, 2010). Such interaction is presently developed under the form of innovation platforms, which are frameworks to identify actors and lead to the bottom-up building of governance models (coordination mechanisms, steering and conflict management), as recently applied to the pig value chain in Benin (Govoeyi *et al.*, 2019). With respect to this co-operation framework, genetic improvement program present unique challenges, due to its biological, economic, technical, scientific and cultural characteristics, making it necessarily a continued and long-term-oriented process (Martín-Collado *et al.*, 2010). To solve this in the peculiar case of low inputs system of developing countries, studies have proposed to build breeding programs based on breeders’ communities (Haile *et al.*, 2011; Wurzinger *et al.*, 2013; Mueller *et al.*, 2015). This community-based breeding program (CBBP) model, experimented on sheep breeds in Ethiopia, puts breeders at the core of the breeding process (Haile *et al.*, 2011). Other researchers advocate that a value chain approach is needed to understand and improve multi-stakeholder engagement and to facilitate their interaction (Kahi *et al.*, 2005; Tindano *et al.*, 2015). Moreover, the recognition of genetic resources as a common good should encourage the involvement of a wide diversity of actors for the sustainability of these programs (Labatut *et al.*, 2013). This diversity varies according to the national context, whereas the organizational forms of the breeding programs vary according to the countries, the species and the actors concerned (Lauvie *et al.*, 2011; Leroy *et al.*, 2017). These views of researchers show the importance of interaction that breeders may have with other stakeholders, but without defining the nature

and goals of such interactions. Indeed, the role of these stakeholders in the management and sustainability of breeding programs in developing countries has been weakly investigated by these authors. Nevertheless, Labatut *et al.* (2012) showed how, by using the scientific, technical, organizational and cultural tools of different stakeholders, a dairy sheep breed could be socially and technically constructed in France. This study showed how the collaboration between stakeholders enabled the development of a sustainable sheep-breeding program.

The present paper investigates how international experts in breeding perceive the participation of stakeholders and the importance of their collaboration in the sustainable management of cattle-breeding programs in developing countries. Our hypothesis is that the developing countries call on the expertise of the researchers (cases of the N'Dama cattle in The Gambia and in Senegal) (Bosso *et al.*, 2007; Fall *et al.*, 1982), of the agents of the ministry in charge of the livestock sector (case of the N'Dama cattle in Mali) (Berti *et al.*, 1995) or of a consultancy office (case of Borgou cattle in Benin) (Adjou Moumouni, 2006) to develop and coordinate these programs. Thus, the success of these programs could depend on the vision and strategy developed by each of these consulted experts as reported by Jabbar *et al.* (2010).

To answer this question, the Delphi method is used to identify experts' opinion about stakeholders, their roles, their impact and their interaction. Developed by Norman Dalkey and Olaf Helmer (Dalkey and Helmer 1963), the Delphi method operates through a series of questionnaires and result feed-back, running iteratively to reach a consensus (Baillette *et al.*, 2013). On this basis, the present study then aims at describing the status of experts' thinking on stakeholder involvement in breeding programs, analyzing elements of consensus and divergence and proposing a working typology of stakeholders and roles.

1. Material and methods

1.1. Principle and process of a Delphi survey

The Delphi method is a survey technique aiming at obtaining the most reliable consensus of opinion of a group of experts. It attempts to achieve this by a series of intensive questionnaires interspersed with controlled opinion feedback (Dalkey and Helmer 1963). It was first developed to solve military questions during the Cold War. This technique involves the repeated individual questioning of the experts (by interview or questionnaire) and avoids direct confrontation of the experts with one another on questions (Dalkey and Helmer 1963). Since then, the Delphi method has evolved according to the research field. It is a very adaptable research method, used in many fields including social science (e.g. Geist, 2010) and agricultural research (e.g. Frewer *et al.*, 2011). In animal sciences and in the field of genetic improvement in particular, it has been used to establish a sub-index of milk quality (e.g. Henschion *et al.*, 2016). It is here used as a tool to investigate the diversity of experts' opinions and aggregate those with a perspective on their future mobilization on the practical field.

Rowe and Wright (1999) define the classical Delphi method by four main characteristics, i.e., 1) Anonymity of the participants, allowing them to express themselves freely and to avoid any influence based on the personality and / or on the status of the respondents; 2) Iteration, allowing participants to refine their points of view as the investigation progresses; 3) Return control, informing participants of the results of each iteration; and 4) Statistical aggregation of the answers, to allow for a quantitative analysis and interpretation of the data. The series of questions are held at least in two rounds according to the level of consensus sought.

1.2. Data collection

Data collection was conducted during two years (April 2016-March 2018) by e-mail, in two rounds to ensure that experts could evaluate their first round responses. Between the two successive rounds, the concordance of the opinions is evaluated to judge the necessity of carrying out another round. The central question asked was “what are the different stakeholders involved in the sustainable management of a cattle-breeding program designed for low-input livestock systems in developing countries and the respective roles that they should play?” The experts are then invited to argue their choice by identifying the roles of each stakeholder. Questions are left open; no multiple choices nor suggestions were submitted to the experts.

1.2.1. Recruitment of experts

Recruitment is an essential phase that determines the quality of the Delphi method (Okoli and Pawlowski, 2004). The experts (20) were first recruited via FAO's Dad-Net platform, which is a mail-based information exchange platform on domestic animal genetic resources. In addition, resource persons who worked on African cattle-breeding programs were identified and asked to participate in the study by sending email to them, as well as to researchers met at seminars and meetings to which we

participated (15 experts). A joint discussion on Dad-Net and a brainstorming discussion forum were organized for this purpose to sensitize the experts on the topic. At the end of these exchanges, 35 experts from agricultural research, universities, government and development sector and from 11 different nationalities were recruited.

1.2.2. Two rounds of data collection

In the first round, experts were asked to list all potential stakeholders that are needed in the implementation of a cattle-breeding program for low-input livestock systems in developing countries and to score them on a scale from 1 to 5 (1 less important, 5 most important) according to the perceived importance of roles assigned to them. At this round, about half of the experts (17) responded to our questionnaire. This number appears reasonable to conduct a Delphi survey given a minimal number established at 10 experts (Geist, 2010; Baillette *et al.*, 2013). Stakeholders listed from the first round who seem to have similar characteristics are grouped in a common heading.

In the second round, 12 experts responded to our questionnaire. The descriptive statistical analysis (median, quartiles and histograms) of the data was sent to the experts, together with an indication of their personal positioning in these statistics. Experts were asked to confirm or modify their first notes for each proposal, by taking into account the opinion of the other experts. They were also asked to confirm and note the new joint proposals or to keep their first opinion. Finally, they were asked to argue their current proposals by describing the roles they considered for each stakeholder in their scoring.

1.3. Data analysis

1.3.1. Statistical analysis

This analysis identifies consensus and divergence of experts' opinions. The descriptive statistics were calculated with the software R (version 3.5.1). These were medians, quartiles and interquartile responses ($IQR = Q3 - Q1$). A low IQR indicates a high consensus (Geist, 2010; Baillette *et al.*, 2013; Henchion *et al.*, 2016). Being calculated at each round, the IQR was used to assess the statistical significance of the inter-round evolution through Wilcoxon signed rank test (see below).

In order to measure the overall consensus level on the relative importance credited to stakeholders, the Kendall's concordance coefficient was calculated (package *vegan*, function *Kendall.global*), with the correction for ex aequo scores (Legendre, 2005). Kendall's concordance coefficient was also calculated to describe the agreement of sub-groups of experts about the importance of defined categories of actor. The value of Kendall's coefficient (W) is between 0 (no agreement) and 1 (total consensus).

To measure the overall convergence between the two rounds, we used the Wilcoxon signed rank test on the citation rates (to measure convergence of stakeholders' implication) and on the IQR (to measure convergence of stakeholders' importance). It consists of testing two hypotheses (H), namely: 1) for the citation rates, H_0 : the citation rates distribution is identical between rounds 1 and 2, H_1 : the citation rates distribution is different between the two rounds (citation rates 1 < citation rates 2); and 2) for the

IQR, H0: the IQR distribution is identical between rounds 1 and 2, H1: the IQR distribution is different between the two rounds ($IQR_2 < IQR_1$). If H1 is significantly validated at a high confidence level ($p < 0.1$), we can say that the responses converged between the two rounds.

1.3.2. Textual and citation rate analysis of roles

A textual analysis of the arguments put forward by the experts to justify their choices was made to identify the roles given to each stakeholder. The arguments per role that come together are grouped under a common theme in a spreadsheet. Finally this spreadsheet is used to analyze the roles underpinning the expressed ratings (Baillette *et al.*, 2013).

Roles for a given stakeholder are then qualified as main, secondary or optional, according to their citation rate. A role that is cited more than three times for a stakeholder is considered a main role of this actor. If a role is cited three times, it is considered a secondary role and a role that is cited once or twice is considered minor or optional.

1.3.3. Typological analysis

Factorial correspondence analysis (FCA, FactomineR package, R software), was used to produce a typology of stakeholders according to their roles. It is a statistical multivariate exploration method, designed to analyze contingency tables (cross-tabulations) with multidimensional categorical input data (Theodorou *et al.*, 2007). It gives more global picture of the relationships among row-column pairs which would otherwise not be detected through a pairwise analysis (Theodorou *et al.*, 2007). As a descriptive method, it allows reducing the number of variables to take into account to represent the variability within a data set. Hereby, it allows calculating and visualizing the proximity between items on meaningful two- or three-dimensional representations.

In the present study, stakeholders' categories ($n = 08$) were items to be classified and roles ($n = 20$) were the variables: each role was identified as a separate variable, the value of which corresponded to the number of citations. The objective is to position stakeholders in a 2-dimensional space of roles, to identify potential role-sharing, specificities and complementarities, which would form the basis of negotiated agreements.

2. Results

2.1. Stakeholders cited by the experts

In the first round, experts cited 17 stakeholders that could play a role in a cattle-breeding program in developing countries (table 1). These stakeholders can be classified into seven main categories: 1) State (65%), including public extension and training services, livestock services and genetic improvement services, 2) Research, including universities and public research (59%), international research institutes, and private research, 3) Breeders (47%) and their organizations (including cooperatives, breeders' association and farmers' association), 4) Private sector (47%) (including livestock traders, banks and industries) 5) Non-Governmental Organizations (NGO) (18%), 6) Consumers (12%), and 7) International organizations (6%), (as FAO and AU-IBAR, as well as funding bodies such as African Development Bank).

Table 1 Scores attributed to stakeholders (quartiles and medians) during the first and second rounds

Stakeholders		Round 1				Round 2			
		No (%)	1Q	Me	3Q	No (%)	1Q	Me	3Q
State	Livestock service	10 (65)	2	3	3	9 (75)	2	3	5
	Institutes of training and vulgarization	1 (6)	2	2	2				
	Extension services	4 (24)	2	2	2				
	Genetic improvement service	2 (12)	2.8	3.5	4.3				
Research	Agricultural research and universities	9 (59)	2	3	3	8 (67)	2	3	3.5
	Private research	3 (18)	1	1	1				
Breeders and their organization	Breeders	8 (47)	1.8	2	2	11 (92)	2	2	3.5
	Breeders cooperative	5 (29)	2	3	4	4 (33)	2.8	4	5
	Breeders' association	4 (29)	2.5	3	3.3				
	Farmers' association	5 (24)	2	2	2				
Private sector and consumers	Industries	3 (18)	1.8	2	2	4 (33)	1	1.5	2.5
	Banks	2 (12)	2	2	2	2 (16)	2	2	2
	Livestock traders	2 (12)	1.3	1.5	1.8				
	Consumers	2 (12)	2	2	2	2 (16)	2	2	2
International organizations and NGOs	NGOs	3 (18)	2.5	3	3	3 (25)	2.5	3	3
	International funding bodies	1 (6)	2	2	2				
	International organizations for agriculture	1 (6)	1	1	1				

No = Numbers of experts, % = citation rates, 1Q = first quartile, Me = median, 3Q = third quartile

2.2. Consensus and divergence about stakeholders' involvement

In the first round, the statistical analysis of scores attributed to stakeholders revealed a disparity with medians (Me) ranging from 1 to 4 (Table 1). For the most cited stakeholder, action of State via livestock service (Me = 3) and public research (Me = 3) in breeding programs was considered more important than that of the breeders (Me = 2). The overall consensus calculated on the importance scores for this round was significantly different from zero but low to moderate (Kendall, $W = 0.4$, $p < 0.01$).

In the second round, higher citation rates were obtained for the State, research and breeders, indicating a convergence towards the same stakeholders (Wilcoxon signed rank test, $p < 0.05$). The median scores of these stakeholders remained unchanged, but the consensus on the importance of the stakeholders decreases with the IQR increasing from 1.8-2 (0.2) to 2-3.5 (1.5) for breeders, from 2-3 (1) to 2-3.5 (1.5) for public agricultural research and of 2-3 (1) to 2-5 (3) for State. Hence, while experts agreed on the participation of these stakeholders, their divergence about the importance attached to their actions tended to increase (Wilcoxon signed rank test, $p < 0.05$). In addition, experts rarely mentioned farmers' cooperative during the two rounds (24% and 33%), but their median score when cited was high, varying from 3 to 4. This low citation rate also concerned NGOs, the industries, banks and consumers.

2.3. Researchers' opinions vs. development professionals' opinions

Table 2 distinguishes the opinions of experts from research (universities and agricultural research institutes) ($n_{\text{round}_1} = 10$; $n_{\text{round}_2} = 7$) from those of development professionals (government, livestock services, development agencies and industries) ($n_{\text{round}_1} = 7$; $n_{\text{round}_2} = 5$). Experts within the two categories of opinions proved in relative agreement on the stakeholder involvement ($W = 0.37$, $p < 0.01$ and $W = 0.35$, $p < 0.01$ for experts from research and development respectively). In the first round, experts from research credited a high score to the State, research, NGOs, and breeders (Me = 3), and agreed especially about the importance of breeders' organizations (Me = 4, $W = 0.35$, $p < 0.01$). For the development experts, governmental action appeared more important than that of breeders although the agreement level around each importance was low (Me = 3, $W = 0.1$, $p = 0.5$ for State vs. Me = 2, $W = 0.2$, $p = 0.16$ for breeders). They showed particular agreement about the low importance of research (Me = 2.5, $W = 0.53$, $p < 0.01$) but their opinion proved diversified about the importance of the State (Me = 3, $W = 0.10$, $p = 0.5$).

In the second round, experts from research maintained their first opinion about the State and NGOs but increased the importance credited to breeders' organizations (Me = 5, $W = 0.33$, $p < 0.1$). As for the opinions of development agents, they increased the importance credited to the State (Me = 5, $W = 0.22$, $p < 0.1$), to the private sector (Me = 4, $W = 0.20$, $p = 0.46$) and to research (Me = 3, $W = 0.31$, $p < 0.1$). On the contrary, their opinion regarding NGOs evolved to decrease their expressed importance, with the median score moving from 3 to 2.5.

Table 2 Experts' views by sector of activity on the importance of stakeholders

Stakeholders		Round 1				Round 2			
		Research		Development		Research		Development	
		Me	Kendall test	Me	Kendall test	Me	Kendall test	Me	Kendall test
State	Livestock service	3	0.22 ^{NS}	3	0.10 ^{NS}	3	0.30 [*]	5	0.22 [*]
	Extension services	2	0.56 ^{***}	2.5	0.35 ^{NS}				
	Genetic improvement service	2	0.50 ^{***}	5	0.32 ^{NS}				
	Institutes of training and vulgarization	1	0.41 ^{**}	2	0.50 ^{**}				
Research	Agricultural research and universities	3	0.10 ^{NS}	2.5	0.53 ^{***}	2.5	0.11 ^{NS}	3	0.31 [*]
	Private research	1	0.31 [*]	2	0.51 ^{**}				
Breeder and their organization	Breeder	2	0.21 ^{NS}	2	0.20 ^{NS}	2.5	0.30 [*]	2	0.20 ^{NS}
	Breeder cooperative	4	0.35 ^{***}	2.5	0.32 ^{NS}	5	0.33 [*]	2.5	0.20 ^{NS}
	Breeder's association	2	0.31 ^{**}	2	0.22 ^{NS}				
	Farmers' association	3	0.40 ^{***}	3	0.32 ^{NS}				
Private sector and consumers	Industries	1	0.33 ^{**}	2	0.32 ^{NS}	1	0.08 ^{NS(0.6)}	4	0.20 ^{NS}
	Banks	2	0.41 ^{***}	2	0.51 ^{**}	2	0.22 ^{NS}	2	0.37 [*]
	Livestock traders	1	0.44 ^{***}	3	0.32 ^{NS}				
	Consumer	2	0.30 [*]	2	0.51 ^{**}	2	0.22 ^{NS}	2	0.30 ^{NS}
International organizations and NGOs	NGOs	3	0.52 ^{***}	2.5	0.44 [*]	3	0.20 ^{NS}	2.5	0.25 ^{NS}
	International funding bodies	2	0.45 ^{***}	2	0.51 ^{**}				
	International organizations for agriculture	2	0.44 ^{***}	1	0.51 ^{**}				
	Kendall Global test	0.37 ^{***}		0.35 ^{***}		0.12 ^{NS}		0.15 ^{NS}	

NS= Not significant, *p<0.1, **p < .05, ***p < .01.

2.4. The stakeholders' roles

Textual and citation rate analysis identified actors' roles, qualifying those as being main roles, secondary roles or optional roles for them (Table 3). The main roles credited to the State were those classically assigned to the public sphere, i.e. funding of program and subsidizing of breeders, as well as training and capacity building of breeders and participating structures. However, the involvement of the State in practical operations was also considered, with program management and genetic evaluation appearing main roles for this actor. Regarding breeders, their main roles were the production of genetic progress, definition of breeding objectives, as well as conservation and promotion of the breed. Researchers' main roles covered the definition of breeding objectives, genetic evaluation and economic analysis. Roles did not appear as specific of one actor and most of them were shared between at least two types of actors. Some roles were recognized as a main role of distinct actor, indicating that a sharing of responsibilities had to be identified. Major cases are program management, to be shared by the State and breeders, and breeding objectives definition, shared between researchers and breeders. In other cases, a leadership may be suggested since the role appears as a main role of one actor and a secondary for another, e.g. breed conservation and promotion that is a main role for breeders and an optional role for the State.

Table 3 Different stakeholder roles given as arguments by the experts

Roles	Stakeholders	Categories of roles
Policies	State	Secondary
Definition of breeding objectives	Breeders	Main
	Research	Main
	Breeding cooperative	Secondary
	Private sector	Optional
	Consumers	Optional
Financing	State	Main
	Banks	Main
	International funding bodies	Secondary
	NGO	Optional
Subsidies	State	Main
Characterization of the breed	Research	Secondary
	Breeding cooperative	Optional
Data collection and livestock information	State	Main
	Research	Secondary
Constitution of breeding nucleus and multiplication herd	Breeders	Secondary
Breeding program Management	State	Main
	Breeders	Main
	Breeding cooperative	Secondary
Production of genetic progress	Breeders	Main
Genetic evaluation and economic analysis	Research	Main
Dissemination and multiplication of genetic progress and technologies	Breeders	Main
	State	Secondary
	NGO	Optional
Breed conservation	Breeders	Main
Breed promotion and marketing	Breeding cooperative	Main
	Breeders	Optional
	Private sector	Optional
	State	Optional

Supply intrants	Breeding cooperative	Optional
Health monitoring	Private sector	Optional
	State	Secondary
	Private sector	Optional
Seeking funds	Research	Optional
Development of 1 research projects	Research	Optional
Design and production of technologies	Research	Optional
Training and capacity building	State	Main
	NGO	Main
	Breeding cooperative	Secondary
	Breeders	Optional
	Research	Optional
Social assistance to breeders	Breeding cooperative	Optional

2.5. Typological analysis of stakeholders and roles

The FCA of stakeholders according to their roles led to retain the two first components, accounting together for 50.13% of the total variance (26.06 % and 24.07% respectively) (Figure 1). Components here represent an aggregated expression of the diversity of importance of the roles credited to each actor, grouping or opposing roles according to their tendency to be borne by similar or distinct actors, respectively. In other words, these two components may be interpreted as composite roles defining a 2-dimensional space on which stakeholders are located according to their expected contribution. Stakeholders who are close in this space show similar roles and relative importance of these roles within their contribution to breeding programs.

The first component (axis 1) opposed supporting roles (technical, financial, training, subsidies and scientific) to roles in the management of breeding activities and animals (herd monitoring, breeding nucleus husbandry and genetic progress production). The second component (axis 2) opposed roles involving a direct work with animals (breeding nucleus husbandry, genetic progress production, characterization of the breed, multiplication herd husbandry) to roles in the organization and development of the breeding programs and in the pastoralist community (financing, subsidies, building capacity, policies, health and research activities). Table 4 presents the contributions of different modalities to the axis building.

Table 4 Relative contributions (positive and negative) of the stakeholders' roles for the two factorial axis

Contributions		Axis 1 (26.06%)		Axis 2 (24.07%)	
Positives	Roles	Herd monitoring	+0.5	Financing	+4.1
		Breeding nucleus constitution	+0.1	Subsidies	+0.8
		Genetic progress production	+0.4	Health	+0.0
				Capacity building	+0.4
				Dissemination of genetic progress and technologies	+1.7
				Herd monitoring	+10.6
				Policies	+0.3
Negatives	Roles	Breeding program management	-0.5	Breeding program management	-4.2
		Financing	-36.2	Breeding nucleus constitution	-6.6
		Subsidies	-9.0	Genetic progress production	-7.6
		Health	-2.7		
		Capacity building	-3.7		
		Dissemination of genetic progress and technologies	-1.4		
		Policies	-3.0		

2.6. Typologies of stakeholders

The hierarchical classification described three categories of stakeholders according to the roles they play (Figure 1). A first category identifies research as showing specific roles (hence isolated in the 2-dimensional space of roles). The roles considered were monitoring, genetic evaluation and economic analysis, as well as searching for funds to develop research activities. The second category gathers the State, NGOs and financing institutes. Their roles were devoted to capacity building (training, organization, development of infrastructures) and the provision of subsidies to breeders and funding of the programs. The third category includes breeders and their organization, livestock traders, the private sector and consumers. Their roles covered the production of genetic progress, the breeding program management and the promotion and marketing of the breed. They act as warrants of breed standards and of the conservation of the breed.

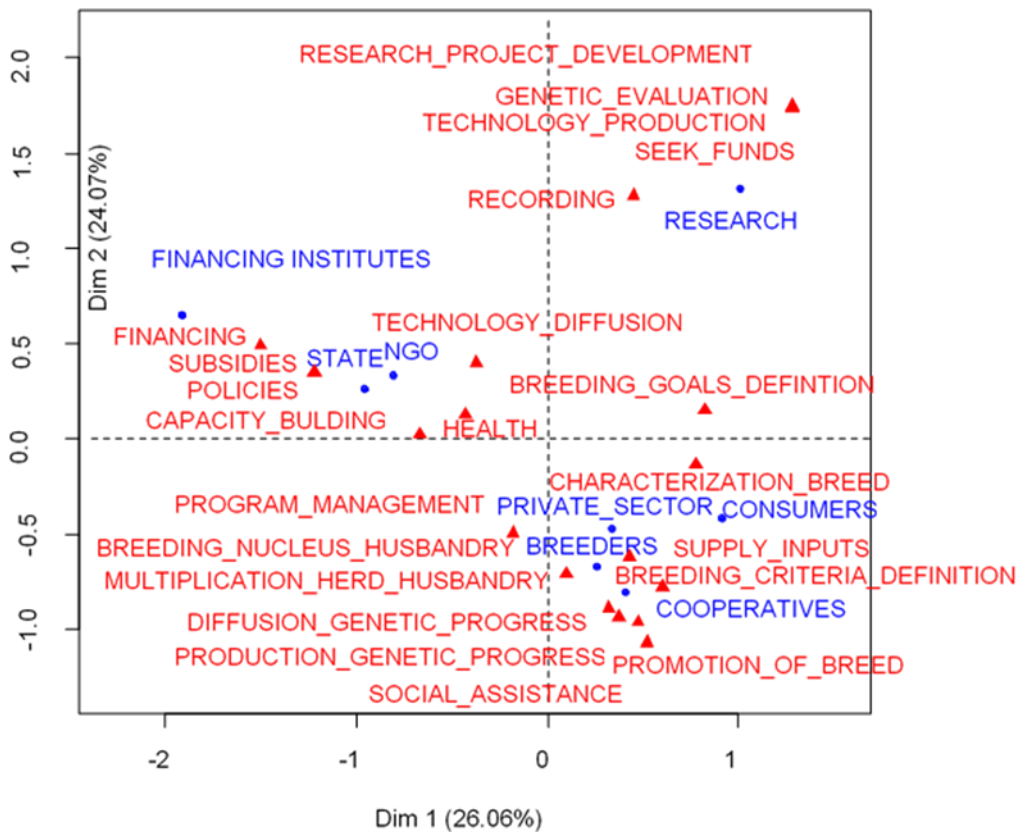


Figure 1 Relationships between stakeholders (blue) and their roles (red)

3. Discussion

3.1. Diversity of stakeholders

The diversity of stakeholders cited by the experts reflects the complexity and potential diversity of modes of organization of breeding programs across the world. Indeed, the present diversity of opinions appears to reflect the diverse origins of the experts interviewed in terms of sector or country. Leroy *et al.*, (2017) reported that the involvement of public versus private actors in the management of animal genetic resources differs according to national background. As a result, this diversity is an image of controversies at play in the framework of breeding programs in development countries. The controversy lies in the importance of the stakeholder in the overall process rather than in the roles attributed. Hence, development experts stress the central role of the State while experts from research tend to attribute the leadership to breeders. Along the view of the latter, the successful management of breeding programs implies the perennial availability of financial, technical and human resources as revealed by the roles attributed to the State in funding, training and capacity building. On the other side, research experts build their argument on research results highlighting the need for a central involvement of breeders in the design and management of these programs (Kahi *et al.*, 2005; Kosgey *et al.*, 2006; Mueller *et al.*, 2015; Wurzinger *et al.*, 2013).

In addition, the development experts tend to simplify the involvement of stakeholders to three actors, namely the State, breeders and research. Other authors have reported such a simplified organization of breeding programs, observing breeding program that are carried out by breeders and the government, by breeders and research, or by breeders only (Wurzinger *et al.*, 2013). Research experts proposed a more complex setting, also involving the private sector, NGOs and consumers. This position then appears congruent with present efforts to adopt a value chain approach of the animal breeding (Kahi *et al.*, 2005, Tindano *et al.*, 2017), which is indeed centering the development vision on and from the viewpoint of “field actors” (Oosting *et al.*, 2014). Labatut *et al.* (2013) defend similar views based on the conceptualization of animal genetic resources as a common good. According to these authors’ framework, this common good is characterized by three dimensions: a natural resource (the animal population) that relies on intangible resources (all knowledge and information about these resources) and is based on combined technologies and tools for its improvement (artificial insemination, scientific computation of breeding values, modelling of genetic progress, genotyping) (Labatut *et al.*, 2013). Hence, tackling these different dimensions necessitates the involvement of a variety of actors and constitutes a call not to oversimplify the institutional setting.

This diversity of actors of breeding programs in developing countries would also be linked to the multifunctionality of traditional livestock farming and its diverse contributions to national economy. Indeed, from a national viewpoint, livestock farming in developing countries is seen as a means of improving food security, alleviating poverty, empowering women, providing export revenues, and an

opportunity to develop strong industries (e.g. dairy and egg industry) (Randolph *et al.*, 2007). This multiplicity explains the shared interests of many actors in animal breeding, which may be even extended to stakeholders from environmental sectors, due to ecosystemic services of livestock (Leroy *et al.*, 2018) and their known role in greenhouse gas emissions (Wall *et al.*, 2010). At the farm level, Camara *et al.* (2019) also showed how the multiple production objectives influences the adherence of cattle holders to a breeding scheme.

Considering all these aspects in the design and management of breeding programs of developing countries would involve a variety of actors, which needs to be framed and kept within a manageable range. Nevertheless, we propose here that oversimplification of the range of actors or personal views from experts on the relative weight to be given to different actors may misguide the design of livestock development interventions and act as a cause of failure (Kosgey *et al.*, 2006; Wurzinger *et al.*, 2011). As most socio-economic matters, the extent and diversity of stakeholder involvement in animal breeding then appears as a trade-off, involving technical realities and negotiated interactions between actors with distinct goals (Leroy *et al.*, 2017).

3.2. Central stakeholders and relative importance of roles

The State is perhaps the most cited because of the role that it could play by building the necessary infrastructure and technical support and funding that could be brought to breeders. It may also be perceived as a warrant of the continuity of genetic improvement programs and of the investment in the common good of genetic diversity. Hence, the development of a breeding program is widely recognized as needing a basis in existing structures put in place by the State (Kosgey and Okeyo, 2007). Following this opinion, centralized breeding schemes are implemented in farms or research stations controlled by the government. However, although well intended, these centralized schemes failed to sustainably provide the desired genetic improvements and also failed to engage the participation of the end-users in the process (Haile *et al.*, 2011). This failure highlights the need for a strong involvement of the private sector and the need for considering a commercial orientation and financial viability of such projects.

Among State structures, public research is cited alongside other public services but as a separate entity. The international nature of its activities and sources of funding could explain this dissociation. Furthermore, it has an autonomous operation in some African countries (Zonabend *et al.*, 2013). To support this distinction, Mueller *et al.* (2015) reported that breeding programs are often implemented as research projects, occasionally by governments and rarely by breeders' communities. Research activities in this regard consist of translating breeding objectives and selection criteria into simple models that can be used as technical tools in a breeding program (Labatut *et al.*, 2012). It may also intervene in the program evaluation process, bringing then insights for possible improvement (Camara *et al.*, 2019a). This core contribution of research then appears as a supportive and temporary role, rather than leading

and perennial roles. Centrality of research in breeding programs may thus contribute to the observed lack of impact and viability (Mueller *et al.*, 2015).

Cited in the third place, breeders are seen as major actors because they are animal owners and they play a role in the conservation of the genetic diversity that is essential to undertake all breeding action (Labatut *et al.*, 2012). However, the vulnerability and lack of organization of breeders in developing countries means that they are rarely the main promoters of breeding programs (Mueller *et al.*, 2015). Hence, they are often maintained in secondary roles in these programs, sometimes being solely considered as passive beneficiaries. Indeed, in the first breeding programs developed in sub-Saharan Africa, breeders were considered as passive actors merely receiving the genetic progress produced in the breeding farms or in the State research stations (Fall *et al.*, 1982 ; Berti *et al.*, 1995). This poor involvement has then be a major source of failure to produce a genetic progress fitting farmers' demand, entailing a lack of outlet for elite animals and lack of outreach of the program (Siddo *et al.*, 2015; Siddo *et al.*, 2018; Camara *et al.*, 2019 b). This is why new approaches based on CBBP are being promoted in developing countries. The CBBP gives breeders a framework of intervention to sustain these programs (Haile *et al.*, 2011; Wurzinger *et al.*, 2013; Wurzinger, 2013; Mueller *et al.*, 2015). A commercial orientation in the latter programs then comes as the factor of financial viability that purely State-led or research-led programs are lacking. Such commercial breeding nucleus would hence be financed by the sale of elite genetics, provided that it can meet a solvable demand. Moreover, in breed and market-specific contexts, the valorization and commercialization of a niche product are considered as options for the sustainability of local breed conservation programs, in Europe as well as emerging markets (Martín-Collado *et al.*, 2010; Moula *et al.*, 2011).

Other actors appeared here as non-central, although their role may be recognized as important. This is the case of NGOs, the private sector (livestock traders, industries, banks) and international organizations (active in agriculture development). Although they do not lead the process and are not central according to experts' opinion, the roles of these actors can be important in the overall success of breeding programs, e.g. through supporting breeders and providing technical services, as well as extension (Mueller *et al.*, 2015). Indeed, in many developing countries, NGOs intervene in the diffusion of technologies and innovations including the dissemination of genetic progress (Mueller *et al.*, 2015). Therefore, their action in a defined context should at least be checked for coherence and non-competition with the breeding program under scrutiny. Indeed, competition may arise around the access to funding or even to beneficiaries, which has been shown to hold severe consequences on breeding program success in a case study in Senegal (Camara *et al.*, 2019b). Other cases of lack of coherence with a breeding program also arise from NGO mainly acting through crossbreeding strategies and distributive actions. Livestock traders and consumers, as value chain actors, should be considered in the definition of breeding objectives and promoting the comparative advantages of the breed concerned (Kahi *et al.*, 2005; Tindano *et al.*, 2017). The role of international organizations in funding agricultural research and

the empowerment of technical actors and researchers is also paramount (Bosso *et al.*, 2007), not only by enabling research and technical support but also by influencing the orientation of that research and technical development through the framing of competitive funds.

3.3. Interaction between stakeholders

Breeders were mentioned as potentially isolated actors but also under their diverse forms of organization: cooperative, association of farmers, and breed association. This organization of breeders is indeed key to their ability to interact with other stakeholders, hence key to their ability to intervene actively in breeding programs and contribute to their viability and impact (Mueller *et al.*, 2015; Leroy *et al.*, 2017).

In developed countries, Labatut *et al.* (2012) reported how the institutionalization of scientific and technical instruments within breeders' structures allowed for better cooperation between breeders and other stakeholders in the management of local breeds in France. These instruments, constituting the different steps of genetic selection (definition of objectives and selection criteria, genetic evaluation, production and dissemination of genetic progress), generate knowledge. The development and sharing of this knowledge among stakeholders would be facilitated by mobilizing all resources within the framework of a co-operation.

Modalities of interactions between stakeholders has been conceptualized in the framework of the so-called participatory plant breeding, considered as an approach for a sustainable agriculture (Chiffolleau and Desclaux, 2006). This framework defines three types of partnerships between stakeholders, based on the study of Sperling *et al.* (2001): advisory (sharing information), collaborative (sharing tasks) and collegial (sharing responsibilities and decision-making). This study analyzed method and organizational forms involving scientists, farmers, and others, such as consumers, extension agents, traders, industry, and rural cooperatives in plant breeding research, based on the fundamental need for these collaborations to generate added value to contributors (Sperling *et al.*, 2001).

The present typological analysis suggests the need for stakeholders to share information and tasks, but also responsibilities and decision-making (as in the definition of breeding goals). This shared role between breeders and researchers suggests that the objectives of a sustainable program must be derived from the expression of need of the breeders and translated by researchers into usable scientific models (Labatut *et al.*, 2012). The management of the program given here as a shared responsibility between the State and the breeders poses animal breeding as a typical case for public-private partnership, which would ascribe the management of the breeding nucleus to the State farms and the multiplication herds to the breeders.

Therefore, the three kinds of partnership would be needed across a multi-stakeholder breeding program. Centrally, the partnership between the State and breeders would aim at a collegial form, which can only be considered if the institutional, technical and managerial capacities of breeders are enhanced (Bosso

et al., 2007; Leroy *et al.*, 2017). Interestingly, this role of breeders empowerment has been recognized as a role of the State in this expert consultation, but also one of NGO and researchers, then echoing to several studies on the sustainability of breeding programs like CBBP models (Haile *et al.*, 2011; Wurzinger *et al.*, 2011; Wurzinger *et al.*, 2013; Gizaw *et al.*, 2014). However, these results showed also that beyond a simple model based on CBBP, the sharing of roles and responsibilities (goal definition, program management, funding and animal breeding) between stakeholders would contribute to the sustainability and impact of these programs as defended by Kahi *et al.* (2005). The modalities of such agreements are to tailor in each context, taking account of capacities of the different stakeholders, given the high variability between countries of capacities of breeders but also of States themselves.

Conclusion

The diversity of the stakeholders cited revealed the complexity of the breeding programs in developing countries, with a strong consensus of the experts on the need for multi-stakeholder programs. However, the divergences in point of views about respective roles and importance in the process also suggest the plurality of potential forms that the needed collaborations might take. The proposed typology of stakeholders according to their role may intervene as a basis of discussion, helping in the identification of fruitful agreements beyond the perspective of one sole expert in charge of the designing of a breeding program.

References

- Adjou Moumouni, F.A., 2006. Evaluation des performances zootechniques des bovins de race Borgou en sélection a la ferme d'élevage de l'Okpara (Bénin). In: Thèse: Méd.Vét, Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires de Dakar. Sénégal.
- Alary, V., Chalimbaud, J., Faye, B., 2007. Multiple determinants of milk production in Africa: the example of the diversity of dairy farming systems in the Mbarara area (Uganda). *Afr. Dev.* 32, 156–180. <https://doi.org/10.4314/ad.v32i2.57185>.
- Baillette, P., Fallery, B., Girard, A., 2013. La méthode Delphi pour définir les accords et les controverses : applications à l'innovation dans la traçabilité et dans le e-recrutement. In: 18eme Colloque de l'Association Information et Management (AIM), pp. 1–22.
- Berti, F., Renard, J., Koné, O., 1995. Amélioration des pratiques de l'élevage du bétail Ndama en milieu villageois: l'exemple de Madina-Diassa au Sud du Mali. *Tropicultura* 13, 164–169.
- Bosso, N.A., Corr, N., Njie, M., Fall, A., van der Waaij, E.H., van Arendonk, J.A.M., Jaitner, J., Dempfle, L., Agyemang, K., 2007. The N'Dama cattle genetic improvement programme: a review. *Anim. Genet. Resour. Inf.* 40, 65–69. <https://doi.org/10.1017/S1014233900002200>.
- Camara, Y., Moula, N., Sow, F., Sissokho, M.M., 2019a. Analysing innovations among cattle smallholders to evaluate the adequacy of breeding programs. *Animal* 13, 417–426. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001544>.
- Camara, Y., Ciss, M., Moula, N., Sissokho, M.M., Antoine-moussiaux, N., 2019b. Determinants of breeders' participation to an indigenous cattle breeding program. *Agron. Sustain. Dev* 39-44 <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0591-1>.
- Chiffolleau, Y., Desclaux, D., 2006. Participatory plant breeding: the best way to breed for sustainable agriculture? *Int. J. Agric. Sustain.* 4, 119–130. <https://doi.org/10.1080/14735903.2006.9684795>.
- Dalkey, N., Helmer, O., 1963. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Manage. Sci.* 9 (3), 458–467.
- Fall, A., Diop, M., Sandford, J., Wissocq, Y.J., Trail, J.C., 1982. Evaluation of the productivities of Djallonke sheep and N'Dama cattle at the Centre de Recherches Zootechniques, Kolda, Senegal. In: ILCA Research Report 3. ILCA (International Livestock Centre for Africa). Addis Ababa, Ethiopia. pp. 70.
- Frewer, L.J., Fischer, A.R.H., Wentholt, M.T.A., Marvin, H.J.P., Ooms, B.W., Coles, D., Rowe, G., 2011. The use of Delphi methodology in agrifood policy development: some lessons learned. *Technol. Forecast. Soc. Change* 78, 1514–1525. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.05.005>.

- Geist, M.R., 2010. Using the Delphi method to engage stakeholders: a comparison of two studies. *Eval. Prog. Plann.* 33, 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2009.06.006>.
- Gizaw, S., van Arendonk, J.A.M., Valle-Zarate, A., Haile, A., Rischkowsky, B., Dessie, T., Mwai, A.O., 2014. Breeding programmes for smallholder sheep farming systems: II. Optimization of cooperative village breeding schemes. *J. Anim. Breed. Genet.* 131, 350–357. <https://doi.org/10.1111/jbg.12102>.
- Govoeyi, B., Ahounou, S.G., Agbokounou, A.M., Salifou, C.F.A., Dotche, I.O., Kiki, P.S., Youssao, I., Karim, A., Antoine-moussiaux, N., 2019. Participatory innovation analysis along livestock value chains: case of swine value chain in Benin. *Agric. Syst.* 174, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.04.007>.
- Haile, A., Wurzinger, M., Mirkena, T., Duguma, G., Mwai, O., Rischkowsky, B., 2011. Guidelines for setting up community-based sheep breeding programs in Ethiopia. In: ICARDA - tools and guidelines No.1. Aleppo, Syria, ICARDA.
- Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V.C., Berry, D.P., McParland, S., 2016. Stakeholder involvement in establishing a milk quality sub-index in dairy cow breeding goals: a Delphi approach. *Animal* 10, 878–891. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002165>.
- Jabbar, M.A., Husain, S.S., Islam, S.M.F., Amin, M.R., Khandaker, M.A.M.Y., Bhuiyan, A. K.F.H., Ali, S.Z., Faruque, O., 2010. Stakeholder perspectives on breeding strategy and choice of breeds for livestock development in. 39, 20–43.
- Kahi, A.K., Rewe, T.O., Kosgey, I.S., 2005. Sustainable community-based organizations for the genetic improvement of livestock in developing countries. *Outlook Agric.* 34, 261–270. <https://doi.org/10.5367/000000005775454706>.
- Klerkx, L., Aarts, N., Leeuwis, C., 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems: the interactions between innovation networks and their environment. *Agric. Syst.* 103, 390–400.
- Kosgey, I.S., Baker, R.L., Udo, H.M.J., Arendonk, J.A.M.van., 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. *Small Rumin. Res.* 61, 13–28 <https://doi.org/0921-4488>.
- Kosgey, I.S., Okeyo, A.M., 2007. Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems: technical and infrastructural issues. *Small Rumin. Res.* 70, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.01.007>.
- Labatut, J., Bibé, B., Aggeri, F., Girard, N., 2012. Coopérer pour gérer des races locales : conception, rôles et usages des instruments scientifiques de sélection. *Natures Sci. Sociétés* 20, 143–156. <https://doi.org/10.1051/nss/2012015>.

- Labatut, J., Aggeri, F., Allaire, G., 2013. Etudier les biens communs par les changements institutionnels: regimes de propriété autour des races animales face à l'innovation génomique. *Rev. Regul.* 14. <http://regulation.revues.org/10529>.
- Lauvie, A., Audiot, A., Couix, N., Casabianca, F., Brives, H., Verrier, E., 2011. Diversity of rare breed management programs: between conservation and development. *Livest. Sci.* 140, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.025>.
- Legendre, P., 2005. Species associations: the Kendall coefficient of concordance revisited. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 10, 226–245. <https://doi.org/10.1198/108571105X46642>.
- Leroy, G., Baumung, R., Boettcher, P., Besbes, B., From, T., Ho, I., 2018. Animal genetic resources diversity and ecosystem services. *Glob. Food Sec* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.04.003>.
- Leroy, G., Baumung, R., Notter, D., Verrier, E., Wurzinger, M., Scherf, B., 2017. Stakeholder involvement and the management of animal genetic resources across the world. *Livest. Sci.* 198, 120-128. <https://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.018>.
- Martín-Collado, D., Gandini, G., de Haas, Y., Díaz, C., 2010. Decision making tools for the development of breed strategies. In: Hiemstra, S.J., de Haas, Y., Mäki-Tanila, A., Gandini, G. (Eds.), *Local Cattle Breeds in Europe: Development of Policies and Strategies for Self-sustainable Breeds*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 120–140.
- Moula, N., Duc, D., Kim, P., Dinh, V., Vu, D., Leroy, P., Antoine-moussiaux, N., 2011. The Ri chicken breed and livelihoods in North Vietnam: characterisation and prospects. *J. Agric. Rural Dev. Trop. Subtrop.* 112, 57–69.
- Mueller, J.P., Rischkowsky, B., Haile, A., Philipsson, J., Mwai, O., Besbes, B., Valle Zárate, A., Tibbo, M., Mirkena, T., Duguma, G., Sölkner, J., Wurzinger, M., 2015.
- Community-based livestock breeding programmes: Essentials and examples. *J. Anim. Breed. Genet.* <https://doi.org/10.1111/jbg.12136>.
- Okoli, C., Pawlowski, S.D., 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Inf. Manag.* 42, 15–29. <https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002>.
- Oosting, S.J., Udo, H.M.J., Viets, T.C., 2014. Development of livestock production in the tropics: farm and farmers' perspectives. *Animal* 8, 1238–1248. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000548>.
- Randolph, T.F., Schelling, E., Grace, D., Nicholson, C.F., Leroy, J.L., Cole, D.C., Demment, M.W., Omore, A., Zinsstag, J., Ruel, M., 2007. Invited review: role of livestock in human nutrition and health

for poverty reduction in developing countries. *J. Anim. Sci.* 85, 2788–2800. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0467>.

Rowe, G., Wright, G., 1999. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *Int. J. Forecast.* 15, 353–375. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(99\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(99)00018-7).

Siddo, S., Moula, N., Hamadou, I., 2018. La croissance du bovin Azawak au Niger : influence de facteurs de variation non génétiques et estimation des paramètres génétiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 22, 84–93.

Siddo, S., Moula, N., Hamadou, I., Issa, M., Marichatou, H., Leroy, P., Antoine-Moussiaux, N., 2015. Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger. *Arch. Tierzucht* 58, 251–259. <https://doi.org/10.5194/aab-58-251-2015>.

Sperling, L., Ashby, J.A., Smith, M.E., Weltzien, E., McGuire, S., 2001. Participatory plant breeding: a framework for analyzing diverse approaches. *Euphytica* 122, 439–450. <https://doi.org/10.1023/A:1017505323730>.

Tindano, K., Moula, N., Leroy, P., Traoré, A., 2017. Market organization and animal genetic resource management : a revealed preference analysis of sheep pricing. *Animal* 11, 1873–1880. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000477>.

Theodorou, Y., Drossos, C., Alevizos, P., 2007. Correspondence analysis with fuzzy data: the fuzzy eigenvalue problem. *Fuzzy Set Syst.* 158 (2007), 704–721. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2006.11.011>.

Wall, E., Simm, G., Moran, D., 2010. Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal* 4, 366. <https://doi.org/10.1017/S175173110999070X>.

Wurzinger, M., Escareño, L., Pastor, F., Salinas, H., Iñiguez, L., Sölkner, J., 2013. Design and implementation of a community-based breeding program for dairy goats in Northern Mexico. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 16, 289–296.

Wurzinger, M., Sölkner, J., Iñiguez, L., 2011. Important aspects and limitations in considering community-based breeding programs for low-input smallholder livestock systems. *Small Rumin. Res.* 98, 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.035>.

Zonabend, E., Okeyo, A.M., Ojango, J.M.K., Hoffmann, I., Moyo, S., Philipsson, J., 2013. Infrastructure for sustainable use of animal genetic resources in Southern and Eastern Africa. *Anim. Genet. Resour.* 53, 79–93. <https://doi.org/10.1017/S2078633613000295>.

Section études

Etude 5 :

**Perception des éleveurs du bovin N'Dama sur les rôles et
l'implication des acteurs potentiels de l'élevage dans la gestion
et la pérennisation du programme de sélection du bovin
N'Dama**

Préambule

Les résultats du chapitre 4 ont montré que la multitude de parties prenantes citées par les experts peut être répartie dans trois catégories d'acteurs selon la nature de leurs rôles et les réalités du pays dans lequel le programme de sélection est développé. En partant de cette conclusion, la question du chapitre 5 s'est intéressée au cas du Sénégal en demandant l'avis des éleveurs par une méthode participative sur l'implication des acteurs de l'élevage dans le programme de sélection du bovin N'Dama. Ce chapitre est écrit sous forme d'article et soumis pour publication.

Farmers' perception on the roles and involvement of livestock stakeholders in an indigenous cattle-breeding program

Younouss Camara^{1,2} Mouhamadou Moustapha Sissokho², Mouhamadou Abdoulaye Diandy², Ansoumana Diokou², Frédéric Farnir^{1,3}, Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3}

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

2 Institut Sénégalais de Recherche Agricole, Bel Air, routes des hydrocarbures -, BP 3120 Dakar, Sénégal

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

Abstract

The participation of breeders is necessary for the development of breeding programs in developing countries. This participation can be thought of on several levels, from the definition of breeding objectives till the implementation of selection and diffusion of genetic progress. Therefore, in order to improve the success of these programs, it appears important to take account of breeders' perception of other stakeholders and of the collaboration between them. In this study, participatory approaches were used to identify actors involved in the farmers' activities and stakeholders who could play potential roles in the N'Dama breeding program in Senegal. Semi-structured interviews were conducted with 52 farmers, identified according to their relation with this program: 26 who participated, 15 of whom recently resigned, and 27 who have never participated. Farmers were interviewed about stakeholders' interventions in their farms, their perceived impact on their livelihood and their roles to be considered in a breeding program. A statistical description of interventions (citation rate) and their impacts (concordance level) was conducted. Then, a typological analysis was performed to categorize the potential roles in the breeding program that the farmers recognized to other stakeholders. The results highlight the influence of the impact and nature of the actors' interventions on the farmers' perception of the potential involvement of stakeholders in the N'Dama breeding program. They show also that the breeders' trust the stakeholders who have contributed to the improvement of their livelihoods and fail at imagining the involvement of presently absent stakeholders. They considered researchers and the breeders' association as the central partners of the breeding program, despite their low impact in the farmers' activities compared to NGOs. This perception would be explained by the initiating role of these stakeholders in the breeding program. It shows the success of the program in generating a feeling of ownership among farmers. The study suggests that the program sustainability may be reinforced by involving stakeholders whose action and legitimacy are well acknowledged by breeders. Other actors could be newly introduced in the program under the condition of preliminary collaboration as a trust-building stage with farmers.

Keywords: animal breeding – N'Dama – ownership – stakeholder – role sharing

Introduction

The involvement of livestock keepers is considered essential for the success of animal breeding programs for low-input systems in developing countries (Haile *et al.*, 2011; Kosgey *et al.*, 2006; Leroy *et al.*, 2017). In this regard, livestock keepers were invited to contribute to breeding programs for N'Dama cattle in Senegal and The Gambia in order to improve their outreach (Diop *et al.*, 1993; Bosso *et al.*, 2007). However, in many of the strategies developed, this involvement is limited to the definition of breeding objectives, the diffusion of genetic progress, and sometimes participation in running costs (Tibbo *et al.*, 2006). Collaboration between livestock keepers and other stakeholders is critical to the sustainability of these programs (Camara *et al.*, 2019a). Community based breeding programs (CBBP) are described as being more suitable for developing countries because they are built around breeders (Haile *et al.*, 2011). Thus, the participation of breeders in the choice of stakeholders and the definition of forms of collaboration could strengthen their engagement in these programs.

Breeding programs may be seen as multi-stakeholder platforms aiming at a long-term, jointly defined innovation process. As studied in the context of other agricultural innovation platforms, the quality of interactions between actors is key and have to be fostered by balanced relationships within decision-making, mutual recognition of legitimacy and trust (Klerkx *et al.*, 2010; Govoei *et al.*, 2019). Because CBBP consider breeders as the main actors of breeding programs, this model reinforce the need to pay attention to the perception breeders have of other stakeholders. Indeed, institutional relationships built on trust have been described as determining factors in the participation of breeders in a cattle-breeding program (Camara *et al.*, 2019b).

This study investigates the bases of the perception breeders have of other stakeholders' implication, their roles and their collaboration, in the context of the N'Dama cattle breeding program in Senegal. This analysis is here proposed as critical to breeders' participation and program's success. Unlike the traditional paradigm where the promoters of a chosen project identify the beneficiaries and the other stakeholders, the participatory approach hence questions the beneficiaries to build an appropriate strategy with the right stakeholders (Kunda *et al.*, 2018).

This work focuses on the case study of the N'Dama cattle-breeding program in Kolda, southern Senegal, which began more than 40 years ago. Livestock keepers in this community have long benefited from various research and development activities, including the N'Dama cattle-breeding program. In addition to the livestock research activities carried out by the Zootechnical Research Center (CRZ), other actors such as non-governmental organizations (NGOs), extension services or State agencies are active in the area. This strong exposure to aid and external interventions is supposed to have encouraged livestock keepers to forge a particular perception of these programs as well as expectations and structured strategies. Therefore, this case study is chosen here as a complex framework where the participation of stakeholders in the program is potentially confronted with various obstacles.

1. Material and methods

1.1. Study area

The study was conducted in three rural districts of Kolda in Casamance, Senegal (12°54' N, 14°57' W): Medina Elhadji, Sare Bidji and Dioulacolon. All three districts are located within a radius of 50 km around the Zootechnical Research Center (CRZ) that is home to the N'Dama breeding program. This region presents a sub-humid tropical climate, characterised by a bimodal seasonal regimen. The average annual rainfall of 1000 mm is distributed over 5 months, from June to October. The predominant economic activities are agriculture, livestock and forestry. The main livestock system is described as agro-pastoral, practicing crop-livestock integration. Animal manure is used for soil amendment and animal power is used for ploughing. In turn, crop residues such as rice straw, millet or corn stalks and cottonseeds are fed to animals. The most common cattle breed is the N'Dama taurine. These districts are inhabited by a diversity of ethnic groups: the Fulani who are essentially pastoralists; the Mandingos who practice agriculture associated with breeding of some animals; Diolas and Balantes, whose activities are agriculture associated with pig farming and forest exploitation.

Pastoralists in the study zone have benefited from several research and development activities, among which the N'Dama cattle breeding program. In addition to the livestock research activities carried out by the CRZ, other actors such as NGOs, projects, extension services and state agencies, are carrying out important development activities on livestock, agriculture, health and resilience building. This setting allowed the breeders to develop their own perception of the programs and projects that are intended for them.

1.2. Sampling and data collection

Interviewed breeders were selected following a dual sampling approach, using first a purposive then a respondent-driven sampling. Twenty-seven breeders among those who collaborated with the CRZ of Kolda were identified from the CRZ database (purposive sampling). These first respondents introduced us to breeders who had not collaborated with the CRZ (respondent-driven sampling). In total, 52 breeders were surveyed. Invitations to participate mentioned that the persons making decisions regarding cattle should be interviewed. Only men presented themselves for participation, being considered in the zone as the heads of households. No woman was included in the sample since no cattle-holding woman-lead household was identified in the present study.

Two data collection methodologies were mobilized. First, face-to-face interviews were conducted with each farmer to collect information on the stakeholders' frequency of intervention and perceived impact. The farmer was first asked to list the stakeholders who intervene in his farm and then to quantify their impact on a scale of 1 (low impact) to 5 (high impact). Then, four focus groups were organized in the districts (2 in Dioulacolon, 1 in Medina Elhadji and 1 in Saré Bidji). During these focus groups,

participants were asked to identify the stakeholders and the roles they may have in the N'Dama cattle-breeding program.

2.2. Data analysis

For individual interview data, descriptive statistics (minimum, maximum, median and mean) were calculated with the R software (version 3.5.1). The Kruskal-Wallis test is used to make a statistical evaluation of the scores attributed to different stakeholders by farmers. The consensus level between ratings was measured through Kendall's concordance coefficient test (package *vegan*, function *Kendall.global* and *Kendall.post*) with the correction for *ex aequo* scores (Legendre, 2005). The Kendall tau (W) ranges from a value of 0, indicating the total absence of agreement, to a value of 1 that translates into a perfect consensus. P-value under 0.05 considered as statistically significant.

Focus group results were analysed textually, by extracting stakeholders' interventions at the farmers' level and their perceived roles in the N'Dama cattle breeding-program. The latter were encoded in an Excel spreadsheet (Microsoft Office 2016) to group the listed elements by theme and to progressively constitute classes.

2. Results

2.1. Actors in the farmers' area

The livestock service is the most frequently cited among farmers (87%), followed by non-governmental organizations (NGOs, 72%) and the Zootechnical Research Center (CRZ, 49%). The N'Dama breeders cooperative (CASE N'Dama, 30%) and the State and international agencies projects (21%) are the least cited. Among NGOs, *Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières* (AVSF), World Vision and Gune are the most often cited. International agencies that are mentioned as intervening in the area are mainly USAID and French cooperation (*Agence Française de Développement*, AFD).

2.2. Interventions livestock actors to the farmers' area

The livestock actors' interventions cited by the farmers can be classified in two categories (Figure 1). The first type consists of interventions on the livestock. This includes veterinary actions such as vaccination and deworming, the distribution of the supplementary feed and the introduction of fodder crops and herd monitoring for performance control. The other type of intervention may be categorized as acting on the farming context. These interventions focus on capacity building (training and institutional organization), construction of infrastructure (wells, cowsheds, dairies, development of rangelands), financing of income-generating activities and social assistance to farmers. NGOs and the CRZ are mentioned as intervening in both categories whereas the livestock services restrict themselves to direct actions on livestock. The other actors mentioned (breeders' organizations such as CASE N'Dama, state projects and international agencies) are limited to the training and financing of farmers to develop other parallel activities allowing to have additional income.

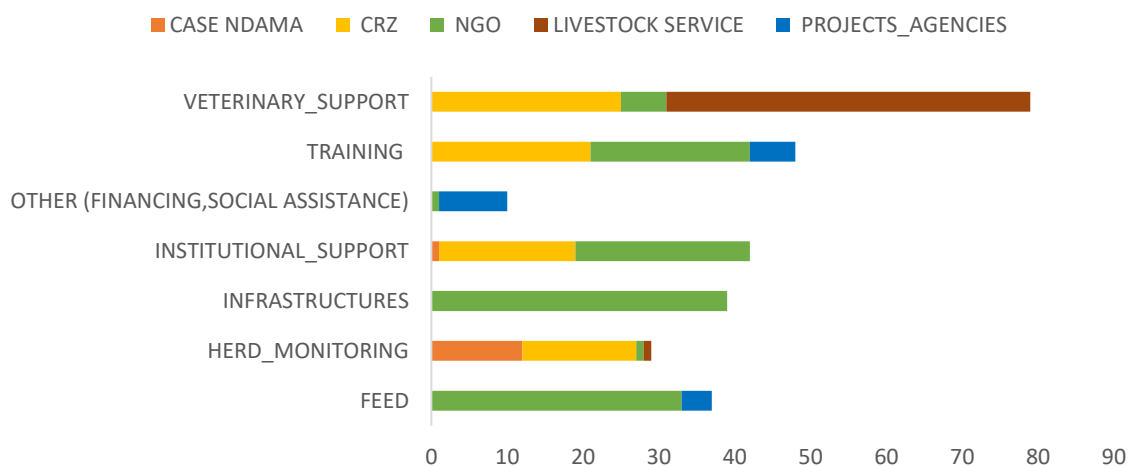


Figure 1 : Main actions carried out in farms by external stakeholders according to the farmers (number of citation)

2.3. Livestock actors' impacts

The appreciation of stakeholders' impact on the improvement of farmers' livelihoods varied substantially between farmers and between stakeholders. Hence, scores varied from 1 to 5 for all

stakeholders (Table 1). Despite the high citation rate of livestock service ($P=0.4$), the median score assigned to them is lower than that of NGOs ($P<0.01$) (Me = 3 vs. Me = 5). The perceived level of impact of research ($P=0.2$) was similar to that ascribed to livestock services (Me=3). However, the ratings of impact of NGOs and livestock services were lowly shared between the farmers (Kendall, $W = 0.3$). The agreement level was higher regarding the CRZ (Kendall, $W = 0.5$, $P<0.05$). In addition, farmers agree that the activities of farmers' organizations ($P=0.9$), and international development agencies ($P=0.6$) do not have a significant impact in improving their living conditions (Kendall, $W = 0.5$, $W = 0.4$, $P<0.05$).

Table 1 Scores attributed on a scale from 1 to 5 to evaluate stakeholders' impacts on farmers' livelihoods

Stakeholders	No (%)	Min.	Median	Max.	Mean	P-Value (Kruskal- Wallis test)	Kendall W
Livestock service	46 (86.8)	1	3	5	3.2	0.4 ^{NS}	0.3 ^{NS}
Non governmental organisations	38 (71.7)	1	5	5	4	0.01 ^{***}	0.3 ^{NS}
Zootecnical research center (CRZ)	26 (49.0)	1	3	5	2.9	0.2 ^{NS}	0.5 ^{**}
CASE N'Dama	16 (30.2)	1	2	5	2.5	0.9 ^{NS}	0.5 ^{**}
Projects and agencies	11 (20.7)	1	2	3	2	0.6 ^{NS}	0.4 ^{**}

^{NS} Not significant, ^{**} $P<0.01$

2.4. Stakeholders' roles in the breeding program

The roles cited by farmers for potential stakeholders of the breeding program can be divided into two broad groups: roles that relate directly to breeding activities and those that can be considered as supporting roles for the development and sustainability of breeding program (Figure 2). The first group of roles includes sires selection, breeding nucleus management and breeding program coordination that are assigned to the CRZ and activities related to the management of the multiplication herd and dissemination of genetic progress, which are given to breeders through CASE N'Dama. The second group of roles includes the following roles attributed to NGOs and financing institutions: veterinary and feed support, dissemination of innovations and financing of the breeding program and breeders' activities. As for the livestock service, its activities in the breeding program will essentially be to safeguard animal health but also to be an intermediary between breeders and the government and other development aid partners. It must also ensure, in collaboration with research, the training and strengthening of institutional capacity of farmers.

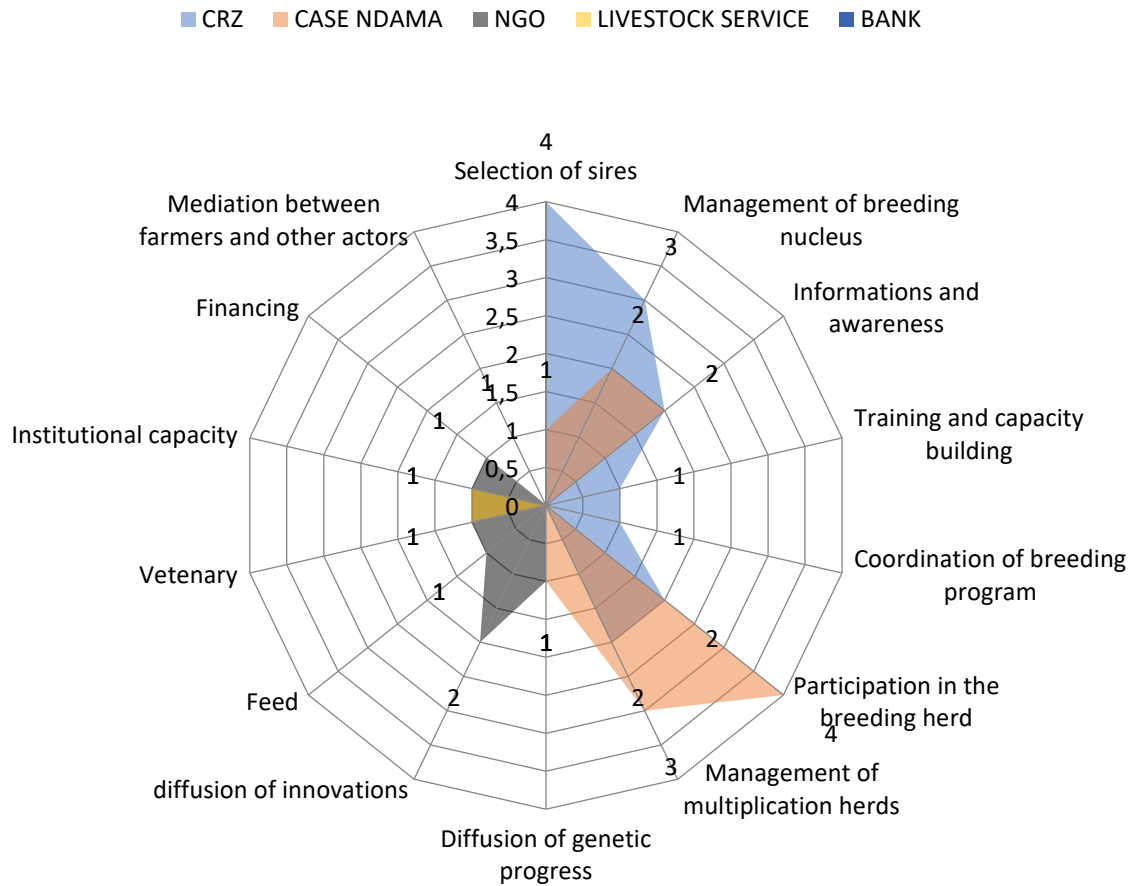


Figure 2 : Stakeholders' roles in the N'Dama breeding program according to farmers' perception identified par focus group discussions (number of citation per focus group)

3. Discussion

3.1. Farmers' perception of the role of livestock services

Farmers perceive the importance of livestock services as weak in the development of the N'Dama cattle-breeding program, despite their frequency in the field and medium perceived impact on their livelihoods. The high frequency of intervention of this service is due to its decentralization, being present in each district through the veterinary offices. This characteristic could appear as a criterion for choosing livestock services as an important stakeholder in the breeding program. Indeed, studies have reported the important role of decentralized livestock services in the sustainable development of breeding programs in developing countries (Kahi *et al.*, 2005; Mueller *et al.*, 2015; Leroy *et al.*, 2017). The farmers' perception of livestock services as playing a weak role in animal breeding would then be related in this case to their perception of the nature of their interventions. Hence, interviewed farmers perceived these interventions as strictly oriented towards animal health, through vaccination, deworming and veterinary care. They did not associate them to activities of animal breeding. This restrictive view on livestock services seems to be influenced by the first role assigned to this service since the colonial period, i.e. the fight against major epizootics as rinderpest, and contagious bovine pleuropneumonia (Ly, 1989). Furthermore, the privatization of veterinary practice since 1993 has blurred the role of livestock services as main referent for the farmer. This might have led the latter to even further downplay the potential role of livestock services in the breeding program.

3.2. Farmers' perception of the role of NGOs

Considered as the second most active stakeholder from the farmers' viewpoint, NGOs are perceived by livestock farmers as important stakeholders for the sustainable development of the N'Dama cattle-breeding program. As highlighted in the proposed typology of the breeding program activities, NGOs appear to intervene in the two groups of activities: animal breeding activities (role in the dissemination of genetic progress) and support of the breeding program (funding and subsidies granted to breeders). These results are in line with a study of the experts' opinions on respective roles of stakeholders in breeding programs, who consider the importance of NGOs in supporting the breeding program and the dissemination of innovations developed among breeders (Camara *et al.*, 2019a). NGOs are also recognized in the same study zone as the first external agents to introduce innovations to farmers (Camara *et al.*, 2019b). The dual intervention of NGOs, acting directly on livestock and in supporting the farmer, would have thus guided farmers to recognize their importance for animal breeding programs. Interestingly, other studies emphasize the synergy between the livestock service and NGOs as sustainable pillars of breeding programs in developing countries according to the CBBP model (Kahi *et al.*, 2005; Wurzinger *et al.*, 2013).

3.3. Farmers' perception of the roles of research and breeders association

Research (CRZ) and breeders association (CASE N'Dama), despite their low frequency of intervention and perceived impact, are acknowledged by livestock farmers as the main stakeholders for the sustainable development of the N'Dama cattle-breeding program. This perception may be explained by the fact that the first is the initiator of the N'Dama breeding program and that the second was created with the aim of setting up an institutional framework facilitating the participation of livestock farmers in the program. Thus, interviewed farmers tended to recognize here a technical legitimacy to researchers, considering a breeding program as a research activity. The breeders' association appeared as legitimate because instrumentally created by researchers for the needs of the program. This point of view of farmers on research and breeders is also shared by the experts interviewed in previous study (Camara *et al.*, 2019a).

3.4. Farmers' perception on the interaction between stakeholders

Farmers expressed the institutionalization of breeding activities as a defined sharing of roles. According to their view, the management of the breeding nucleus would be the role of research (CRZ) and that of the breeders (CASE N'Dama) would localize at the level of multiplication herds. Both stakeholders then share the central management of the breeding program, while other stakeholders appear as playing a supportive role. This support includes the provision of logistics, financing and subsidies to breeders.

Experts' opinion rather presented the management of the breeding program as a shared responsibility between the State and the breeders (Camara *et al.*, 2019a), which finds an argument in the concern for sustainability. However, these viewpoint may be considered congruent because interviewed farmers first considered the CRZ as a State entity. In addition, based on the nature of the interventions of the livestock service, NGOs and CASE N'Dama, farmers envision an interaction of these actors in the production and dissemination of genetic progress.

This typology reflects that farmers' opinions are framed by the present natures of intervention of these stakeholders in their area. Contrary to experts (Camara *et al.*, 2019a), farmers do not establish a clear dissociation between breeders associations and researchers, which are often jointly mentioned in narratives. This is interesting because it shows that the program under scrutiny was successful in establishing a feeling of legitimacy and ownership among contributing farmers. This is tied to the intended and recognized role of breeders as initiators of the N'Dama breeding program, hence a direct consequence of the program design. Farmers then perceive the multi-stakeholder involvement in breeding activities as a tool for sustainability, providing support to a central partnership between them and researchers. This organization of breeding activities corresponds to the CBBP model (Haile *et al.*, 2011, Wurzinger *et al.*, 2013). Some researchers propose that extending this form of organization through the inclusion of value chain actors is particularly needed in the case of cattle breeding programs, because of the strong interaction between farmers and other stakeholders along the value chain (Kahi *et*

al., 2005). Rather than purely ensuing from the program design, the presently observed feeling of ownership would then be specific of cattle sector, which would deserve further comparative work involving programs in other species.

3.5. Farmers' perception is framed by trust and relationships

Farmers restricted the scope of potential stakeholders to the ones who are already intervening in their activities. Thus, the absence of stakeholders such as the private sector (banks or industries) and consumers would indicate that farmers' choice is based on actors they know, who intervene in their farms and / or who have direct activities on the livestock sector. On the contrary, experts' opinion considered a wider array of stakeholders, disregarding their present involvement in on-going programs (Camara *et al.*, 2019a). A similar call to widen the involvement of stakeholders along a value chain approach may indeed be found in the literature (Kahi *et al.*, 2005; Tindano *et al.*, 2017). If such an involvement is to be sought in the prospect of a CBBP, the present results show that attention should first be paid to the pre-existing relationships between stakeholders and the extent to which those stakeholders enjoy farmers' trust, as already stressed by Kahi *et al.* (2005).

This analysis consolidates a previous study in the same study zone showing trust and relationships between stakeholders as key factors of breeders' participation and program sustainability (Camara *et al.*, 2019c). Indeed, the lack of trust between the stakeholders could lead to a malfunction of the actors' network (Skardon, 2011). According to a prevailing logic of reciprocity of trust (Kahan, 2003; Bellegheem, 2013), the farmers would only acknowledge the involvement of stakeholders with whom they share a history of fruitful direct collaboration. This is consistent with the idea that the development of an agricultural program must be based on actors in the field who are in contact with producers (Oosting *et al.*, 2014).

Conclusion

This study showed that farmers perceive the stakeholders of the N'Dama cattle-breeding program according to their frequency of intervention, the nature and impact of their interventions in improving their livelihoods. Their opinion appeared also to be framed by the program history and the overall history of collaboration between actors. Hence, the trust in others' and own legitimacy in the program was directly ensuing from proven history of interaction and involvement. Therefore the program appeared here successful in generating a feeling of ownership of the program among farmers who considered themselves as close partners of researchers. According to these observations, the involvement of multiple stakeholders in the breeding program may be directly sought if it is based on stakeholders presently trusted by farmers. Otherwise, a stage of trust building should be considered before involving any new stakeholders not yet known by the farmers.

References

- Bellegheem, L. Van, 2013. Réciprocité des enjeux de confiance au travail . Le cas des coursiers et de leur dispatcheur . La confiance au travail , condition de la coopération entre les individus, in: Dans L. Karsenty (Coord.), *La Confiance Au Travail*. Toulouse, Octarès. pp. 53–75.
- Bosso, N.A., Corr, N., Njie, M., Fall, A., van der Waaij, E.H., van Arendonk, J.A.M., Jaitner, J., Dempfle, L., Agyemang, K., 2007. The N'Dama cattle genetic improvement programme: a review. *Anim. Genet. Resour. Inf.* 40, 65–69. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S1014233900002200>.
- Camara, Y., Sow, F., Govoeyi, B., Moula, N., Sissokho, M.M., Antoine-Moussiaux, N., 2019a. Stakeholder involvement in cattle-breeding program in developing countries : A Delphi survey. *Livest. Sci.* 228, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.08.014>
- Camara, Y., Moula, N., Sow, F., Sissokho, M.M., 2019b. Analysing innovations among cattle smallholders to evaluate the adequacy of breeding programs. *Animal* 13, 417–426. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001544>
- Camara, Y., Ciss, M., Moula, N., Sissokho, M.M., Antoine-moussiaux, N., 2019b. Determinants of breeders' participation to an indigenous cattle breeding program. *Agron. Sustain. Dev* 39-44 <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0591-1>.
- Diop, M., Sissokho, M.M., Niang, S., 1993. Mise en place d'un schéma de sélection a noyau ouvert pour l'amélioration génétique du taurin Ndama : résultats du "screening" des vaches exceptionnelles dans le département de Kolda (Sénégal). Sénégal.
- Fall A, Diop M, Sandford J, et al (1982) Evaluation of the productivities of Djallonke sheep and N'Dama cattle at the Centre de Recherches Zootechniques, Kolda, Senegal. ILCA Research Report 3. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia, 70pp.
- Govoeyi, B., Ahounou, S.G., Agbokounou, A.M., Salifou, C.F.A., Dotche, I.O., Kiki, P.S., Youssao, I., Karim, A., Antoine-moussiaux, N., 2019. Participatory innovation analysis along livestock value chains: Case of swine value chain in Benin. *Agric. Syst.* 174, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.007>
- Haile, A., Wurzinger, M., Mirkena, T., Duguma, G., Mwai, O., Rischkowsky, B., 2011. Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Lessons and experiences for sheep breeding, Guidelines. ed.
- Kahan, D.M., 2003. The Logic of Reciprocity: Trust, Collective Action, and Law, 102 MICH. L. REV. 71, 103 (2003).
- Kahi, A.K., Rewe, T.O., Kosgey, I.S., 2005. Sustainable community-based organizations for the genetic

improvement of livestock in developing countries. *Outlook Agric.* 34, 261–270. <https://doi.org/10.5367/000000005775454706>

Klerkx, L., Aarts, N., Leeuwis, C., 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agric. Syst.* 103, 390–400. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2010.03.012>

Kosgey, I.S., Baker, R.L., Udo, H.M.J., Arendonk, J.A.M. van, 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review. *Small Rumin. Res.* 61, 13–28. <https://doi.org/0921-4488>

Kunda, I., Knickel, K., Strauss, A., Tisenkopfs, T., Rios, I., Rivera, M., Chebach, T., Ashkenazy, A., 2018. Local and farmers' knowledge matters ! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture u. *J. Rural Stud. J.* 59, 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.01.020>

Legendre, P., 2005. Species associations: The Kendall coefficient of concordance revisited. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 10, 226–245. <https://doi.org/10.1198/108571105X46642>

Leroy, G., Baumung, R., Notter, D., Verrier, E., Wurzinger, M., Scherf, B., 2017. Stakeholder involvement and the management of animal genetic resources across the world. *Livest. Sci.* 198, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.018>

Ly, Ch., 1989. ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE L'ÉLEVAGE AU SENEGAL Repères sur l'évolution, les réalités et les perspectives de l'élevage des bovins et petits ruminants. *Reflexions Perspect.* 1, 1–59.

Mueller, J.P., Rischkowsky, B., Haile, A., Philipsson, J., Mwai, O., Besbes, B., Valle Zárate, A., Tibbo, M., Mirkena, T., Duguma, G., Sölkner, J., Wurzinger, M., 2015. Community-based livestock breeding programmes: Essentials and examples. *J. Anim. Breed. Genet.* <https://doi.org/10.1111/jbg.12136>

Oosting, S.J., Udo, H.M.J., Viets, T.C., 2014. Development of livestock production in the tropics: Farm and farmers' perspectives. *Animal* 8, 1238–1248. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000548>

Skardon J 2011. The role of trust in innovation networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 26, 85–93.

Tibbo, M., Philipsson, J., Ayalew, W., 2006. Sustainable sheep breeding programmes in the tropics: A framework for Ethiopia. Conference on International Agricultural Research for Development, University of Bonn, October 11-13, 2006.

Tindano, K., Moula, N., Leroy, P., Traoré, A., 2017. Market organization and animal genetic resource management: a revealed preference analysis of sheep pricing. *Animal* 11, 1873–1880.

<https://doi.org/10.1017/S1751731117000477>

Wurzinger, M., Escareño, L., Pastor, F., Salinas, H., Iñiguez, L., Sölkner, J., 2013. Design and implementation of a community-based breeding program for dairy goats in Northern Mexico. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 16, 289–296.

Discussion et conclusion générales

Discussion générale

1. Retour sur la démarche méthodologique

La présente thèse visait à analyser le programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal sous un angle sociotechnique, dans le but de comprendre les facteurs de pérennisation des programmes de sélection à faibles niveaux d'intrants dans les pays en développement. L'étude bibliographique a montré la part des stratégies d'amélioration génétique utilisées dans les trajectoires empruntées par les programmes de sélection du bovin N'Dama en Afrique de l'Ouest (Gambie, Mali, Sénégal). Ces stratégies dépendaient des objectifs fixés, de la disponibilité des ressources financières et humaines et des pratiques des éleveurs ciblés. La deuxième étude a été nécessaire pour analyser l'adéquation des pratiques d'élevage avec l'innovation génétique proposée et évaluer l'effet du programme de sélection aux pratiques et aux objectifs des éleveurs. Cette étude a montré l'importance des systèmes d'élevage dans l'adoption d'une innovation génétique. Toutefois, elle n'a pas identifié le processus social de cette adoption. Pour la compléter, nous nous sommes intéressés aux facteurs déterminant la participation des éleveurs au programme de sélection pour comprendre les éléments socio-culturels de l'adoption d'une innovation génétique. Cette étude 3 a montré le poids des relations sociales, familiales et institutionnelles dans la participation ou non et la démission des éleveurs. Elle a en outre montré que les conflits, cités par les éleveurs comme motif de démission, sont consécutifs aux stratégies d'amélioration génétique retenues et aux formes d'implication des parties prenantes. Il s'est avéré alors judicieux d'interroger les experts en élevage (travaillant dans des structures de développement et des services étatiques) et en amélioration génétique (chercheurs des centres de recherche et des universités) pour comprendre leurs visions de l'implantation de ces programmes et aussi identifier les différentes parties prenantes à inclure dans la mise en œuvre d'un programme de sélection, analyser leurs niveaux respectifs d'implication, leurs rôles et les formes de collaboration à développer entre elles. Cette quatrième étude a révélé la nécessité d'une multitude de parties prenantes en lien avec les caractéristiques biologiques, socio-culturelles et économiques des ressources génétiques animales et les dimensions techniques, financières et institutionnelles de gestion de ces ressources. Toutefois, l'analyse typologique a suggéré que ces parties prenantes peuvent être limitées à trois principales catégories selon le contexte socio-économique et environnemental du pays dans lequel le programme de sélection est développé. Ainsi, la perception des éleveurs sur l'implication des parties prenantes dans le programme de sélection du bovin N'Dama dans le contexte du Sénégal a été étudiée pour compléter la précédente étude et comprendre les fondements sur lesquels les éleveurs s'appuient pour choisir leurs futurs collaborateurs. Les résultats de cette cinquième étude diffèrent de ceux issus de l'étude 4 dans le choix des parties prenantes. Par contre, l'analyse typologique effectuée pour ces études donnent des catégories de parties prenantes semblables.

Les résultats de l'étude 5 rejoignent aussi ceux de l'étude 3 sur la place de la confiance entre les acteurs pour la construction d'une collaboration pouvant contribuer à pérenniser le programme de sélection.

2. Intérêt et limite de la méthode

Notre méthode s'est basée sur une approche pluridisciplinaire ayant permis d'évaluer un programme de sélection, à l'opposé de la plupart des études zootechniques ou génétiques qui requièrent le recueil d'une masse critique de données sur une longue durée pour prétendre évaluer un programme de sélection bovine. C'est seulement après cette longue période de mise en œuvre et de collecte de données qu'une analyse économique pourrait être effectuée pour évaluer l'impact du progrès génétique réalisé dans l'amélioration des moyens d'existence des éleveurs ou, à l'échelle nationale, dans l'augmentation de la part de la productivité du cheptel dans l'économie du pays. Toutefois, l'approche proposée a cet avantage de permettre des évaluations rapides, combinant un abord prospectif et rétrospectif du processus pour anticiper sur les résultats attendus d'une intervention ou d'une politique agricole (Priesheje *et al.*, 2008). Appliquée à un programme de sélection, elle permettrait ainsi à court terme d'analyser le contexte et le cadre d'intervention, d'étudier les relations entre les différents acteurs et leurs rapports avec le programme de sélection en lien avec les innovations proposées et la production des connaissances. L'approche socio-économique place la décision et les points de vue de l'acteur au centre de l'analyse, décision et points de vue qu'elle aborde dans ses différentes dimensions, techniques, économiques, sociales et environnementales. Ce type d'analyse aiderait à prévoir la trajectoire d'un programme de sélection et formuler les mesures correctives éventuellement nécessaire.

Pour analyser un programme agricole tel que la sélection animale, caractérisée par une longue période de mise en œuvre, notre méthode utilise plusieurs approches complémentaires qui interrogent l'historique des programmes de sélection en Afrique de l'Ouest pour comprendre les stratégies développées et analyser les expériences générées. Une analyse axée sur les innovations aiderait à comprendre le processus social de l'adoption d'une innovation génétique. Elle renseigne ainsi sur les modes de communication et de gouvernance au sein d'une organisation et aussi sur le processus d'apprentissage des connaissances produites par les parties prenantes. En effet, la communication, la gouvernance, et la production et l'apprentissage des connaissances sont considérées comme des piliers d'une innovation réussie (Kilelu *et al.*, 2013 ; Swaans et Pali, 2013). Ainsi, l'étude des innovations aide à comprendre les composantes (définition des objectifs et des critères de sélection, méthode de sélection, et production, multiplication et diffusion du progrès génétique) de la sélection animale, considérée comme étant une innovation, pour identifier les facteurs de succès ou d'échecs. Les résultats auxquels nous sommes parvenus montrent que la pérennisation d'un programme de sélection dans un système d'élevage à faibles niveaux d'intrants d'un pays en développement dépend de plusieurs facteurs : les caractéristiques des éleveurs (leurs pratiques, leurs objectifs de production et leur vécu (social, culturel et historique), les relations (assistance technique ou financière, relations d'affaire, de travail ou d'amitié)

entre les différents acteurs dans la gestion et dans l'évolution du programme de sélection et la vision des concepteurs en lien avec les stratégies développées et les formes d'implications des parties prenantes.

La portée de cette méthode pourrait être considérée comme limitée par la faible taille des échantillons enquêtés. Ainsi l'opinion des experts a pu souffrir du faible taux de réponse au deuxième tour de la méthode Delphi, même si les seuils de confiance évoqués dans la littérature sont atteints. Cependant, nous avons essayé de compenser cette faiblesse en procédant à une analyse textuelle des arguments avancés par les experts pour justifier leurs choix des parties prenantes et ensuite en dressant une typologie des parties prenantes selon leurs rôles. En effet, l'analyse des opinions d'experts par la méthode Delphi cherche, par une généralisation, à estimer les balances observées statistiquement parmi les experts à travers le monde. L'analyse est plutôt vue ici dans une démarche d'étude de cas qualitative, la prétention de généralisation concernant alors les logiques mises en évidence plutôt que les rapports numériques précis entre différentes opinions.

L'analyse du programme, à travers l'échantillon des éleveurs participants, démissionnaires et non-participants, répond à un même objectif d'établir de cas informant sur les logiques potentiellement à l'œuvre. Si la démarche n'a pas de prétention d'universalité des observations qui y sont faites, nous les jugeons néanmoins valides et utiles à double titre. D'abord elles informent effectivement sur le cas d'étude, la population complète des éleveurs participants étant incluse dans l'étude. Ensuite, les observations et leçons tirées de ces analyses représentent autant de pistes et hypothèses utiles à l'investigation comparative d'autres programmes de sélection, dans d'autres pays et/ou dans d'autres espèces.

Notre méthode investigate en outre une perspective particulière de l'amélioration génétique, se focalisant principalement sur les témoignages d'éleveurs auxquels la parole des experts est ajoutée à travers l'analyse de la littérature évaluant les programmes et le sondage par la méthode Delphi. Une approche complémentaire, évoquée dans la dernière étude, consisterait en l'analyse des parties prenantes des filières économiques impliquant le bovin N'Dama (éleveurs, commerçants de bétail, bouchers, transformateurs de lait, consommateurs...). Cela aiderait à mieux comprendre les relations entre les acteurs et le processus d'amélioration génétique devant répondre aux enjeux d'une diversité d'acteurs (Brugha et Varvasovszky, 2000; Tindano *et al.*, 2017). Ainsi, l'analyse de perception de ces différents intermédiaires complèterait l'étude 3 sur la genèse et la gestion des conflits et l'étude 4 sur les rôles et les interactions entre les parties prenantes.

3. Objectifs des éleveurs

Les résultats de l'étude 2 ont montré que les éleveurs qui s'intéressent au programme de sélection avaient davantage d'autres objectifs que ceux concernant la production de viande ou de lait, alors que ceux intéressés uniquement par ces derniers objectifs pratiquaient le croisement. Cette étude a montré un lien positif entre les objectifs culturels et d'assurance de l'élevage du bovin N'Dama et la possession d'un

grand troupeau. Ces caractéristiques sont liées à la qualité du bovin N'Dama (résistance aux maladies, valorisation d'une alimentation pauvre) comme révélée dans l'étude 3 en tant que motif de participation.

Il est apparu dans ces deux études que les éleveurs avaient une multitude d'objectifs qui en théorie seraient difficiles à satisfaire par la pratique de la sélection animale telle qu'elle a été menée jusque-là. Comme souligné en introduction, l'élevage dans les pays en développement est caractérisé par sa multifonctionnalité. Beaucoup de programmes de sélection ont échoué faute de prendre en compte cette caractéristique du bétail dans les stratégies utilisées, comme mentionné dans l'étude 1. Pour être pérenne et assurer l'implication des éleveurs, le programme de sélection bovine des pays en développement doit pouvoir répondre à cette multifonctionnalité comme analysé dans les études 1, 2 et 3. La multifonctionnalité, comme la diversité des élevages dans une zone donnée, doit néanmoins être servie par une stratégie composite d'amélioration génétique, associant la sélection en race pure et le croisement avec une diversité de races. S'il est vrai qu'une telle stratégie est exigeante en termes d'encadrement, de suivi et de contrôle pour en garder la maîtrise, il est à l'inverse contre-productif d'opposer les deux approches (croisement et sélection en race pure), et de poursuivre par la deuxième voie des objectifs qui seraient mieux servis par la première. Notre étude suggère qu'un programme confondant les objectifs atteignables par ces deux voies court le risque d'échouer à la fois dans l'atteinte des objectifs de production comme dans ceux de conservation de la diversité des ressources génétiques animales. En matière de sélection en race pure, l'information principale révélée par les trois premières études est que le seul caractère qui pourrait répondre aux attentes de multifonctionnalité et aux divers objectifs des éleveurs, au sein d'une telle stratégie mixte d'amélioration génétique, serait la trypanotolérance du bovin N'Dama. En effet, les faibles performances bouchères et laitières individuelles de cette race font que le zébu lui est systématiquement préféré sur ces seuls critères (Traoré *et al.*, 2016). Toutefois, la taille du cheptel du bovin N'Dama, favorisée par la résistance de cette race aux maladies, son adaptation à un environnement hostile, son faible indice de consommation et sa reproductivité élevée, compenserait ses faibles performances individuelles. Ces paramètres zootechniques, valorisés par la trypanotolérance, assurent ainsi une taille importante du cheptel et donc une amélioration du revenu de l'éleveur. En effet, face à la vulnérabilité des éleveurs des pays en développement, l'élevage des animaux résistants est perçu comme une alternative pour améliorer les moyens d'existence des éleveurs (Stear *et al.*, 2001 ; Traoré *et al.*, 2018). Par conséquent, les éleveurs traditionnels et en particulier ceux du bovin N'Dama percevraient la production de viande en termes d'effectif plutôt qu'en termes de croissance pondérale et de rendement individuel. Plus la taille du cheptel est importante, plus les éleveurs se sentent en sécurité, plus ils ont tendance à déstocker pour le marché et satisfaire les besoins du ménage. Cela est révélé par le lien positif entre la vente d'animaux et la participation des éleveurs au programme de sélection dans l'étude 3. Un arbitrage est ainsi effectué entre le croît du cheptel (sécurité) et revenu (vente d'animaux sur pieds) (Dieye *et al.*, 2002). En outre, la N'Dama n'est pas aussi productrice en lait que le zébu mais, elle peut égaler cette race par la vente d'animaux sur pieds (Ferrari, 2017 ; Traoré *et al.*, 2018). Ainsi,

en tenant compte de ses avantages comparatifs, le taurin N'Dama pourrait avoir autant de valeur que le zébu Gobra à l'échelle du troupeau dans les élevages bénéficiant de l'espace nécessaire. La taille du troupeau, comme facteur favorisant la participation des éleveurs au programme de sélection exprimé dans l'étude 3, montre ainsi toute la pertinence qu'un programme de sélection basé sur la résistance peut répondre aux objectifs économiques, socio-culturels, d'assurance, d'épargne et aux activités agricoles (traction et production de fumure) des éleveurs. Il peut aussi satisfaire les objectifs de production de lait des éleveurs modernes utilisant le croisement via des femelles résistantes comme base de croisement.

4. Innovations et amélioration génétique

Comme exprimé dans l'ensemble de nos études, l'originalité de cette thèse est de considérer la génétique comme une innovation et l'adhésion à un programme comme une adoption d'innovation qui s'intègre dans un ensemble d'autres innovations adoptées par les éleveurs. L'étude 2 a montré trois catégories d'éleveurs selon leurs pratiques d'amélioration génétique et leurs objectifs de production. Les études 2 et 3 ont ainsi révélé que les éleveurs qui possèdent un grand troupeau ont un intérêt particulier pour l'élevage du bovin N'Dama car répondant à leur système d'élevage caractérisé par l'utilisation de peu d'intrants. Le lien étroit entre l'innovation génétique et l'adoption des autres innovations techniques a été observé dans ces deux études. En effet, l'adoption du croisement observée chez les éleveurs ayant un objectif de production de lait a entraîné l'introduction d'une cascade d'innovations sur l'alimentation, la santé et l'habitat du bétail. Néanmoins, la catégorie d'éleveurs utilisant le croisement et ayant comme objectif de production le lait ne représentait que 40% des éleveurs dans l'étude 2. Cela peut soit signifier que cette innovation ne correspond pas aux pratiques d'élevages des 60% éleveurs qui ne l'ont pas adoptée (étude 2), soit que ces derniers ont une préférence pour cette innovation mais ne disposent pas des moyens financiers et/ou techniques pour élever des animaux croisés et moins résistants que la N'Dama comme révélé dans l'étude 3. En effet, l'élevage des croisés demanderait des charges supplémentaires liées à l'adoption des innovations techniques. L'absence des innovations techniques chez la catégorie d'éleveurs élevant le bovin N'Dama en race pure (innovateurs dits « institutionnels » dans notre étude) indiquerait leur faible intérêt pour le croisement qui ne correspond pas à leur pratique d'élevage pastoral utilisant peu d'intrants vétérinaires et alimentaires (étude 2). Ces études nous renseignaient que pour être durable, l'innovation génétique proposée doit correspondre aux pratiques actuelles des éleveurs ou du moins aux pratiques qui leur sont accessibles. Ainsi, elle ne doit pas engendrer d'autres innovations dont les charges afférentes seraient lourdes pour les bénéficiaires finaux, ou prévoir l'appui nécessaire pour l'adoption des innovations induites par la génétique nouvelle.

Par contre, les résultats des études 2 et 3 étaient contradictoires sur la relation entre l'innovation institutionnelle et l'adoption du programme de sélection par les éleveurs. La participation à une organisation d'éleveur, qui semblait être favorable à l'adhésion des éleveurs au programme de sélection dans l'étude 2, s'était révélée à la fois comme un motif de participation et de démission et aussi comme une source de conflit dans l'étude 3. En effet, cette étude a montré les rôles ambigus des relations

institutionnelles ou familiales utilisées à la fois par les promoteurs du projet et les éleveurs pour arriver à leurs fins. L'argumentaire fondé sur ces relations familiales avait été préféré à celui basé sur les objectifs et le bien fondé du programme de sélection pour convaincre les éleveurs à participer. Les résultats de l'étude 3 expliqueraient ainsi le taux plus élevé de démissionnaires que de participants dans la catégorie des innovateurs dits institutionnels observé dans l'étude 2. Ces derniers seraient pourtant favorables au programme de sélection (étude 2). Le poids de ces relations familiales et institutionnelles dans l'adoption du programme de sélection était bien exprimé dans l'attitude des éleveurs du district de Dioulacolon consistant à suivre leur parent (ancien président de la coopérative) et aussi de créer une autre organisation d'éleveurs parallèle avec le soutien d'une ONG. L'étude 3 montrait ainsi que, contrairement aux résultats de l'étude 2, l'adéquation de l'innovation génétique avec les innovations techniques et les pratiques des éleveurs ne garantissait pas une adhésion complète des éleveurs au programme de sélection. Il faut tenir compte d'autres facteurs tels que les liens régissant les rapports familiaux et institutionnels entre les acteurs qui, eux-mêmes, peuvent être déterminés par d'autres influences.

Les études 2 et 3 révélaient ainsi une influence endogène et exogène aux éleveurs sur leur adhésion au programme de sélection du bovin N'Dama. Les facteurs endogènes observés ont été l'organisation sociale et culturelle des éleveurs et leur perception de l'innovation qui serait considérée comme une transgression à leur tradition, comme souligné dans l'étude 3. Ainsi le modèle d'organisation des éleveurs, proposé par les promoteurs du projet et devant accompagner le programme de sélection, ne correspondrait pas au système traditionnel de gouvernance d'une organisation dans la communauté ciblée. En effet, l'introduction d'une innovation, considérée comme un processus social pouvant entraîner un changement social (Alter, 1999), pourrait faire émerger des nouvelles forces et entraîner une recomposition de la hiérarchie dans la communauté. Dans une société peule (le cas de notre étude) très hiérarchisée et réfractaire aux changements (Camara, 2013), cette recomposition des pouvoirs serait peu acceptable. Ainsi, une innovation génétique, accompagnée d'une innovation institutionnelle qui ignore les lois de la gouvernance locale, pourrait être difficilement acceptée par des communautés conservatrices. Cette attitude des éleveurs face aux innovations institutionnelles, révélée dans cette étude, est aussi observée au Maghreb où les agriculteurs sont très méfiants vis-à-vis des innovations introduites (Alary, 2006).

Les facteurs exogènes observés concernaient le type d'acteurs, leurs rôles et les mesures incitatives proposées pour l'adoption d'une innovation. Analysant les motifs de participation, les études 1 et 3 ont révélé l'importance d'une subvention dans l'adoption du croisement ou la participation des éleveurs au programme de sélection du bovin N'Dama. Ces interventions et ces mesures incitatives en faveur des éleveurs créent ainsi des relations étroites et de confiance entre les éleveurs et les acteurs responsables de l'introduction de l'innovation. Elles entraîneraient aussi une dépendance des éleveurs vis-à-vis des bailleurs. Leurs conséquences pourraient être l'émergence de compétition entre les acteurs du

développement et de conflit entre les éleveurs. En effet, de nombreuses ONG appuient des organisations d'éleveurs pastoraux afin de faciliter leur intervention (Charbonneau and Poinso 2008). Elles procèdent ainsi au recrutement et à l'organisation des éleveurs selon leurs objectifs en les empêchant ainsi de participer à d'autres programmes qui pourraient entrer en conflit avec leur vision. Ainsi, ces subventions et ces organisations, promues par les acteurs (ONGs, services de recherche et d'appui) finissent par créer des conditions de luttes de pouvoir et de leadership entre les éleveurs pour la défense d'un intérêt individuel souvent différent de celui du programme agricole, mais lié à leurs considérations sociales, culturelles ou économiques. En d'autres termes, il convient ici de comprendre que les éleveurs se positionnent stratégiquement par rapport aux multiples offres d'appuis externes, eux-mêmes en compétition les uns avec les autres, pour les sources de financement d'une part et pour l'accès aux populations bénéficiaires d'autre part. Dans leurs propres rivalités internes, les éleveurs mobilisent donc ces oppositions entre acteurs externes, adhérant à l'une ou l'autre initiative ou démissionnant, seul ou en groupe, de façon stratégique. Ces rivalités font émerger des conflits entre les acteurs dans la protection de leurs intérêts respectifs. En fonction des intérêts communs, des relations se lient entre les acteurs autour d'un leader appelé par Castaneda (2005) « acteur doué ». Cet acteur, par sa position sociale, politique ou économique, organise d'abord les éleveurs et ensuite crée une relation de clientélisme avec les responsables politiques locaux et les autres acteurs de développement lui permettant d'être informé sur des projets et ainsi de pouvoir bénéficier des activités et des financements (Castaneda, 2005).

L'étude 3 mettait ainsi en relief cette relation complexe entre les innovations techniques et les innovations institutionnelles développées dans le but de faciliter l'adoption des premières à travers une organisation de producteurs. La gouvernance proposée par les acteurs pour cette organisation, souvent différente de celle observée chez les communautés d'éleveurs, constituerait ainsi une barrière à l'adoption de l'innovation génétique. Ces études ont montré que, contrairement aux résultats rapportés par Schut *et al.* (2016), les contraintes institutionnelles sont aussi importantes que les contraintes techniques ou économiques dans l'adoption d'une innovation. Toutefois, les résultats de nos études sont en accord avec ceux de ces auteurs sur l'importance des innovations institutionnelles dans l'adoption d'une technologie par les agriculteurs. Dans ce sens, l'étude 4 a ouvert des pistes pouvant transformer ces contraintes institutionnelles en des opportunités durables pour le programme de sélection du bovin N'Dama en identifiant les formes de collaboration entre les différentes parties prenantes.

5. Parties prenantes et modes d'organisation

L'importance et la diversité des parties prenantes citées par les experts seraient liées au caractère public des ressources génétiques mais aussi aux dimensions techniques, financières et institutionnelles de la gestion des programmes de sélection des pays en développement. Par contre, du point de vue des éleveurs, elles seraient liées à la confiance accordée aux acteurs selon la nature et l'importance de leurs interventions dans l'amélioration de leurs moyens de subsistance ou leur légitimité acquise à travers

l'historique du projet. Selon ces considérations, les experts interrogés dans l'étude 4 avaient estimé que l'implication d'une diversité de parties prenantes est nécessaire dans la pérennisation de ces programmes. Cependant, une analyse typologique approfondie avait nuancé ce résultat et avait suggéré trois catégories d'acteurs regroupés selon les rôles semblables qu'ils pourraient avoir. Ce mode d'implication simplifiée des parties prenantes était aussi perçu chez éleveurs interrogés dans l'étude 5. Mais, la simplification perçue par ces derniers différait de celle des experts par l'absence du secteur privé parmi les parties prenantes citées, tels que les commerçant de bétail, les bouchers ou les transformateurs de lait en dépit de leurs rôles importants dans le développement de la chaîne de valeur du bovin N'Dama comme rapporté par Dieye (2006). Nous pouvons donc avancer qu'en plus des relations de confiance, qui guideraient la perception des éleveurs dans leur choix des parties prenantes, les subventions financières et le renforcement des capacités apportés surtout par les ONGs (constructions d'infrastructures, perçues ici par les éleveurs comme un impact dans l'amélioration de leurs moyens de subsistance), détermineraient aussi cette perception. Ces études suggèrent ainsi que, malgré leurs natures différentes, les parties prenantes d'une même catégorie identifiée dans l'étude 4 peuvent jouer les mêmes rôles dans la durabilité du programme de sélection. Ainsi, l'Etat ou les ONGs peuvent intervenir dans le renforcement des capacités des éleveurs, comme rapporté dans des études sur les modèles CBBP des programmes de sélection pour des systèmes d'élevage à faibles niveaux d'intrants (Wurzinger *et al.*, 2013 ; Mueller *et al.*, 2015). Par ailleurs, dans une logique commerciale des gènes améliorés, les structures privées peuvent remplacer l'Etat dans le financement des activités de sélection (Selmi *et al.*, 2014).

En outre, l'interaction entre les acteurs, comme un mode de collaboration durable révélé dans les études 4 et 5, suggère un partage d'informations, de tâches et de responsabilités entre les parties prenantes de catégories différentes. L'une des pistes serait une organisation institutionnelle sous une forme collégiale telle que décrite dans le cadre d'une sélection génétique participative des végétaux par Sperling *et al.* (2001). Ce partage de responsabilités propose une forme typique de partenariat public-privé qui attribuerait la gestion du noyau d'élevage aux fermes d'Etat et les troupeaux de multiplication aux éleveurs. Cette forme pourrait prévenir et gérer les conflits identifiés dans l'étude 3. En effet, la forme collégiale permet une forte interaction entre les parties prenantes. Elle serait, de ce fait, compatible avec le caractère à long terme de la sélection bovine, contrairement aux programmes de sélection à base communautaire où la faible interaction entre les éleveurs et les autres parties prenantes fait qu'ils sont proposées par certains auteurs comme plus adaptés au contexte de l'élevage des petits ruminants (Haile *et al.*, 2011 ; Mueller *et al.*, 2015). Cependant, cette forme collégiale d'organisation, qui ferait la promotion d'une sorte d'égalité dans les actions et dans les charges entre les parties prenantes pourrait aussi être fragilisée par la faible capacité et la vulnérabilité des éleveurs des pays en développement, alors que les CBBP visaient à renforcer le pouvoir des éleveurs. A cet effet, les arrangements contractuels entre les parties prenantes, dans la vente des produits d'élevage ou des géniteurs, pourraient

être explorés comme une solution pour renforcer cette approche collégiale. Des arrangements institutionnels, basés sur des contrats commerciaux, amélioreraient la capacité financière des éleveurs et pourraient ainsi prévenir les conflits dont les causes étaient aussi liées à l'absence d'une compensation financière. Ce type d'institutionnalisation d'une activité agricole a fait ses preuves dans le développement de la filière lait local à Kolda au Sénégal (Dieye, 2006). Cette approche basée sur des contrats commerciaux entre les acteurs pourrait être adaptée à la sélection du bovin N'Dama autour de l'identification, de la valorisation et de la commercialisation d'un produit de niche comme une option de durabilité du programme et de conservation de la race N'Dama telle qu'observée en Europe ou dans certains pays émergents (Martín-Collado *et al.*, 2010 ; Moula *et al.*, 2011).

Conclusion générale et perspectives

1. Conclusion générale

Cette thèse s'inscrit dans la perspective du développement durable du programme de sélection du bovin N'Dama au Sénégal. Elle vise à proposer ainsi une stratégie globale de sélection dans le contexte des systèmes d'élevage à faibles niveaux d'intrants des pays en développement à travers une analyse des innovations et des perceptions des concepteurs et des autres parties prenantes.

Notre première hypothèse était qu'il existe une relation entre l'adhésion des éleveurs au programme de sélection et les autres innovations adoptées par les éleveurs, eu égard à leurs objectifs d'élevage. La première et la deuxième étude ont révélé une relation entre les pratiques des éleveurs et les méthodes d'amélioration génétique qu'ils adoptent pour l'atteinte de leurs objectifs de production. Ainsi, une innovation génétique produisant des animaux performants exige une amélioration de la conduite d'élevage du point de vue alimentaire, sanitaire ou de construction des infrastructures telles que les étables. La troisième étude a confirmé ces résultats, mais elle a aussi répondu à notre deuxième hypothèse qui était que les relations sociales et institutions entre les acteurs peuvent influencer l'adoption d'une innovation génétique. Cette étude a révélé que l'objectif actuel du programme de sélection du bovin N'Dama du Sénégal ne rencontre pas les objectifs multiples des éleveurs. Elle a, en outre, montré que la réponse de l'innovation génétique aux objectifs et aux pratiques des éleveurs ne suffit pas pour garantir la participation effective de ces derniers au programme de sélection. Les relations sociales, culturelles et institutionnelles se sont révélées être des contraintes importantes contre la pérennisation des activités de sélection du bovin N'Dama. Ces contraintes institutionnelles et relationnelles nous ont amené à poser notre troisième hypothèse qui était la réussite d'un programme de sélection dans les pays en développement dépendrait de la vision des concepteurs dudit programme. Ainsi les études 4 et 5 ont montré une diversité d'opinions sur l'importance relative des parties prenantes et des rôles qu'elles devraient jouer pour assurer la pérennisation des programmes de sélection. Des telles différences seraient liées à la multitude d'acteurs concernés dans la gestion des ressources zoogénétiques mais aussi à la diversité d'intervenants chez les éleveurs, aux objectifs et aux modes d'action souvent différents. Ces éléments externes, couplés aux considérations sociales et culturelles des éleveurs, tendent à rendre complexe l'organisation de la sélection bovine dans les pays en développement. Toutefois, l'avis des éleveurs, associé à une analyse approfondie des opinions des experts, a montré que la durabilité de la sélection bovine peut être assurée par une organisation simplifiée autour de trois groupes d'acteurs principaux : celui des éleveurs (associations ou coopératives d'éleveurs et les privés évoluant dans la sélection génétique), la recherche (publique ou privée) et l'Etat (aidé par les acteurs du développement tels que les ONGs et les organisations internationales). Les acteurs d'un même groupe peuvent se substituer et jouer pleinement leur rôle selon le contexte du pays dans lequel le programme de sélection est développé.

2. Perspectives

Outre ce positionnement sur les modalités de mise en œuvre de programmes de sélection, notre recherche nous a permis d'identifier des questions complémentaires, laissées dans l'ombre par notre approche mais qui nous semblent être importantes pour la pérennisation du programme de sélection. Il s'agit de (a) la place des savoirs locaux des éleveurs face aux techniques modernes de la génétique dans la gestion des ressources zoogénétiques et l'organisation de la sélection animale, (b) la place de la trypanotolérance dans le programme de sélection du bovin N'Dama dans un contexte de changement climatique caractérisé dans la zone par la dégradation de l'habitat de la N'Dama et des glossines et (c) la valorisation des avantages comparatifs du bovin N'Dama pour créer un marché de niche. Ces perspectives peuvent être articulées autour des questions suivantes :

- a) Comment la prise en compte des savoirs locaux des éleveurs peut-elle rendre les programmes de sélection durables ?

Ces résultats ont reconnu l'importance de répondre aux objectifs des éleveurs. Mais, au-delà des pratiques qu'ils établissent pour atteindre ces objectifs, les éleveurs ont des critères spécifiques, souvent non mesurables, pour sélectionner les reproducteurs ou pour éliminer d'autres animaux du troupeau. Une étude sur ces critères de sélection permettra de comprendre le rapport des éleveurs avec le programme de sélection du bovin N'Dama. En effet, considérer les ressources génétiques comme un bien commun est une stratégie avancée actuellement pour une meilleure gestion de ces ressources (Labatut *et al.*, 2013). Ainsi, la prise en compte des connaissances des éleveurs dans cette gestion est aussi vitale pour les races menacées. Les questions qui pourraient donc être posées sont les suivantes : est-ce que l'implication des éleveurs en tant que garants de cette diversité génétique doit être rémunérée ou alors, ces ressources doivent-elles faire l'objet de propriété privée pour une meilleure protection ? La réponse à ces questions doit être comprise dans le contexte actuel de privatisation, de commercialisation ou de mise sous brevet des ressources génétiques notamment celles concernant les variétés végétales (Aubertin et Boisvert, 1998). A défaut de position claire de l'État du Sénégal sur ces questions, l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI, 2015) a néanmoins apporté un éclairage en disant que « *les ressources génétiques, telles qu'elles existent dans la nature, ne sont pas des actifs de propriété intellectuelle. Elles ne sont pas des créations de l'esprit humain et ne peuvent donc pas être directement protégées en tant qu'éléments de propriété intellectuelle* ». La question importante est celle du caractère « naturel » d'un bétail sélectionné par des générations d'éleveurs. On se positionnera donc soit dans une logique de bien public ne pouvant faire l'objet d'appropriation (position de l'OMPI), soit dans celle d'une propriété collective, au titre de patrimoine national (reconnaissant le rôle de sélectionneur des éleveurs). Notons que les deux cas défendent l'appui des pouvoirs publics, responsables de toutes ressources sur son territoire. La contribution des communautés

autochtones concernées par la gestion de ces ressources devrait alors être comprise comme un service rendu à l'État, appelant à un appui du secteur public. Un tel appui pourrait être sous forme de subvention ou du moins sous forme de valorisation et de protection des savoirs locaux des éleveurs liés à ces ressources génétiques animales.

- b) Quelle doit être la place de la trypanotolérance dans le programme de sélection du bovin N'Dama face aux modifications environnementales en cours ?

Les mutations observées dans l'environnement de l'élevage du bovin N'Dama pourrait avoir comme conséquences la disparition des glossines vectrices de trypanosomose. Ces mutations peuvent être perçues comme une opportunité dans la lutte contre cette pathologie et amènerait à reconsidérer la place du bovin N'Dama dans la stratégie locale de développement de l'élevage. Il convient néanmoins de souligner que la trypanotolérance n'est pas le seul caractère adaptatif de cette race et que son rôle pourra aussi être envisagé sous d'autres angles que sa trypanotolérance uniquement.

- c) Quels sont avantages comparatifs du bovin N'Dama à considérer pour la durabilité du programme de sélection ?

Certaines caractéristiques qui différencient positivement le bovin N'Dama des autres races bovines reviennent souvent dans les débats concernant cette race. Parmi celles-ci, nous pouvons citer son rendement de carcasse supérieur à celui du zébu Gobra, la tendreté de la viande, la qualité du lait riche en matière grasse et son faible indice de consommation. Récemment, les éleveurs et les acteurs de la filière bovine au Mali ont justifié leur préférence pour cette race pour sa meilleure condition corporelle et son rendement carcasse compte tenu de son prix d'achat par rapport à celui du zébu Gobra (Traoré *et al.*, 2018). Ainsi, au-delà de ses capacités de résistance qui assurent la subsistance des éleveurs, la considération de ces avantages comparatifs permettrait de positionner le bovin N'Dama dans la création des marchés de niche pour une clientèle particulière et regardante sur la qualité des produits d'origine animale. Ces considérations permettraient de faire la promotion de l'élevage durable du bovin N'Dama contribuant ainsi à la pérennisation du programme de sélection.

Références

- Alary V 2006. L'adoption de l'innovation dans les zones agro-pastorales. *Afrique contemporaine* 219, 81–101.
- Alter N 1999. Sciences de l'homme et entreprise: Les innovateurs sont-ils deviants? *Sciences humaines*. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=2016519>.
- Aubertin C et Boisvert V 1998. Les droits de propriété intellectuelle au service de la biodiversité. Une mise en œuvre bien conflictuelle. *Nature Sciences Sociétés* Volume 6, Issue 2, April–June 1998, 7-16.
- Brugha R and Varvasovszky Z 2000. Stakeholder analysis: a review. *Health Policy and Planning* 15, 239–246.
- Camara DA 2013. Le rapport au changement en société pastorale. Le cas des éleveurs du Ferlo et de Colonnat., 234pp.
- Castaneda D 2005. Les organisations d'éleveurs et de pasteurs au Sénégal. In: *Reflexions et Perspectives/Institut Sénégalais de Recherche Agricole. (ISRA)*, 6:64
- Dieye PN 2006. Arrangements contractuels et performances des marchés du lait local au Sud du Sénégal: Les petites entreprises de transformation face aux incertitudes de l'approvisionnement. PhD thesis, National Agronomic school, of Montpellier, Montpellier, France, 211pp.
- Dieye PN, Faye A, Seydi M et Cissé SA 2002. Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. *Cahiers Agricultures* 21, 417–426.
- Ferrari S 2017. La viabilité des chaînes laitières industrielles au Sénégal Une analyse en termes de gouvernance., 354pp.
- Haile A, Wurzinger M, Mirkena T, Duguma G, Mwai O and Rischkowsky B 2011. Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Guidelines for Setting up Community-based Sheep Breeding Programs in Ethiopia Lessons and experiences for sheep breeding.
- Kilelu CW, Klerkx L and Leeuwis C 2013. Unravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural Systems* 118, 65–77.
- Klerkx L, van Mierlo B and Leeuwis C 2012. Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. In *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*, pp. 431–455. Wageningen , The Netherlands.
- Labatut J, Aggeri F, et Allaire G. 2013. Etudier les biens communs par les changements institutionnels: regimes de propriété autour des races animales face à l'innovation génomique. *Rev. Regul.* 14. <http://regulation.revues.org/10529>.

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

Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI), 2016. Propriété intellectuelle et ressources génétiques. Dossier d'information n° 10, Genève Suisse.

Pries-heje J, Baskerville R and Venable JR 2008. Strategies for Design Science Research Evaluation. In *European Conference on Information Systems (ECIS) 2008 Proceedings*, p. 87.

Schut M, van Asten P, Okafor C, Hicintuka C, Mapatano S, Nabahungu NL, Kagabo D, Muchunguzi P, Njukwe E, Dongsop-Nguezet PM, Sartas M and Vanlauwe B 2016. Sustainable intensification of agricultural systems in the Central African Highlands: The need for institutional innovation. *Agricultural Systems* 145, 165–176.

Sperling L, Ashby J a, Smith ME, Weltzien E and McGuire S 2001. Participatory Plant Breeding : A Framework for Analyzing Diverse Approaches. *Euphytica* 122, 439–450.

Stear MJ, Bishop SC, Mallard BA and Raadsma H 2001. The sustainability, feasibility and desirability of breeding livestock for disease resistance. *Research in Veterinary Science* 71, 1–7.

Swaans K et Pali P 2013. Directives pour les plateformes d'innovation: Facilitation, suivi et evaluation. ILRI Manuel 8. PP 40. Nairobi, Kenya.

Traoré SA, Markemann A, Reiber C, Piepho HP and Zárate AV 2016. Production objectives, trait and breed preferences of farmers keeping N'Dama, Fulani Zebu and crossbred cattle and implications for breeding programs. *Animal*, 1–9.

Traoré SA, Reiber C and Zárate AV 2018. Productive and economic performance of endemic N'Dama cattle in southern Mali compared to Fulani Zebu and their crossbreds. *Livestock Science* 209, 77–85.

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

4000 Liège (Belgique)

D/2019/0480/16

ISBN 978-2-87543-147-9

