



**HAL**  
open science

# Inégalités de revenus et stratégies d'adaptation aux chocs dans les systèmes pastoraux du Sénégal et du Tchad

Alioune Ndiaye

► **To cite this version:**

Alioune Ndiaye. Inégalités de revenus et stratégies d'adaptation aux chocs dans les systèmes pastoraux du Sénégal et du Tchad. Economies et finances. Université Clermont Auvergne, 2021. Français. NNT : 2021UCFAD021 . tel-03721213

**HAL Id: tel-03721213**

**<https://theses.hal.science/tel-03721213>**

Submitted on 12 Jul 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ÉCONOMIQUES,  
JURIDIQUES, POLITIQUES ET DE GESTION**  
Université Clermont Auvergne

Ecole Doctorale des Sciences Economiques, Juridiques, Politiques et de gestion  
Centre d'Etudes et de Recherche sur le Développement International (CERDI)

Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, CERDI, F-63000 Clermont-Ferrand, France

**INEGALITES DE REVENUS ET STRATEGIES  
D'ADAPTATION AUX CHOCS DANS LES SYSTEMES  
PASTORAUX DU SENEGAL ET DU TCHAD**

Thèse présentée et soutenue publiquement le 16 Décembre 2021  
pour l'obtention du titre de Docteur en Sciences Economiques

par

**Alioune NDIAYE**

sous la direction de : Catherine ARAUJO-BONJEAN

Co-encadrants : Abdrahmane WANE et Guillaume DUTEURTRE

---

**Membres du Jury**

Catherine BENJAMIN	Professeur, Université Rennes 1	Rapporteur
Mbaye DIENE	Professeur, UCAD	Rapporteur
Isabelle BALTENWECK	Program Leader, ILRI	Suffragante
Pascale PHELINAS	Directrice de recherche, IRD	Suffragante
Guillaume DUTEURTRE	Chercheur, CIRAD	Invité
Abdrahmane WANE	Chercheur, CIRAD	Co-encadrant
Catherine ARAUJO-BONJEAN	Chargée de recherche, CNRS	Directrice thèse

L'université Clermont Auvergne n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

*A mon père*

# Remerciements

La rédaction d'une thèse constitue certes un travail personnel, mais je dois son aboutissement à un certain nombre de soutiens. Tout d'abord, je tiens à remercier mes encadrants Catherine Araujo-Bonjean, Guillaume Duteurtre et Abdrahmane Wane. Je remercie Catherine Araujo-Bonjean pour avoir accepté de diriger la thèse. Sa rigueur, ses remarques pertinentes et ses encouragements m'ont permis de m'améliorer tout au long de la thèse. Je remercie Guillaume Duteurtre pour ses précieux conseils pour la thèse, son appui et son support pour que je sois dans les meilleures conditions de travail. Mes plus vifs remerciements vont sans doute à l'endroit d'Abdrahmane Wane avec qui tout est parti d'une candidature spontanée dans le cadre de mon mémoire de DEA d'économie. Je lui exprime ma gratitude pour sa confiance et pour l'initiation à l'économie du pastoralisme qui se révélera une thématique fort passionnante. J'associe à ces remerciements Ibra Touré pour sa confiance, sa bonne humeur et son initiation à la cartographie.

Je souhaite remercier Catherine Benjamin et Mbaye Diène pour avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail. Je suis honoré de les compter parmi les membres de mon jury de thèse, de même qu'Isabelle Baltenweck et Pascale Phélinas que je remercie vivement d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

J'exprime ma reconnaissance au Cirad particulièrement à l'UMR Selmet pour le financement de ma thèse. En ce sens, je remercie l'ancien directeur d'unité Alexandre Ickowicz et le personnel d'appui Corine Chaillan et Marie-Jo Darcq pour le support apporté pour mon séjour à Montpellier en me mettant dans d'excellentes conditions de travail. J'en profite pour adresser mes remerciements à toute l'équipe Selmet pour leur accueil au campus de Baillarguet, leur bonne humeur et leur soutien dans cette thèse.

Je tiens à remercier les membres du comité de pilotage au Cirad pour leurs conseils et recommandations notamment Véronique Alary et Christian Corniaux. De même, je remercie le comité de suivi interne du CERDI composé de Pascale Phélinas et Martine Audibert.

Mes remerciements vont également à l'endroit du personnel enseignant et administratif du CERDI pour leur accueil et leur appui durant mes séjours à Clermont.

En évoquant mes débuts dans la recherche sur le pastoralisme, j'ai également une pensée pour toute l'équipe du PPZS avec qui j'ai tellement appris de ce secteur. Toute ma reconnaissance à Fatima Dembélé et Moustapha Dia pour leur appui sur le plan administratif et lors de nos missions de terrain.

Je souhaiterais remercier les équipes du PRAPS Sénégal et de la FAO pour m'avoir permis d'utiliser leurs données d'enquêtes dans le cadre de la thèse. J'exprime ma reconnaissance au PPZS et à l'IREC au Tchad pour leur accueil lors de mes enquêtes et séjours de recherche.

J'associe également à ces remerciements mes camarades doctorants du CERDI et du Cirad avec lesquels j'ai eu des échanges enrichissants et dans la bonne humeur.

Je remercie aussi mes collègues de Practical Action pour leurs encouragements et leur soutien dans la dernière phase de la thèse.

Enfin, je termine par remercier ma famille et mes amis pour leur soutien et encouragement durant ces années. Toutes mes pensées vont surtout à l'endroit de mon père décédé au début la thèse et qui m'a toujours soutenu et encouragé dans mes études.

# Résumé

Dans les pays sahéliens, l'élevage pastoral constitue la principale activité de génération de revenus pour les ménages ruraux. Cette activité se déroule dans un contexte d'opportunités et de risques. Au niveau des opportunités, les projections montrent une augmentation de la demande de viande et de lait dans les pays en développement découlant de la croissance démographique et de l'urbanisation rapide. Toutefois, l'activité pastorale se déroule dans un contexte d'exposition à divers chocs dont les plus prégnants sont d'ordre climatique. Cette situation pose la problématique de la vulnérabilité des ménages pastoraux exposés à des inégalités croissantes tant en termes de revenus que de dotation de bétail. De fortes inégalités associées à la pauvreté persistante peuvent réduire la résilience des ménages pastoraux face à des crises climatiques ou d'autres chocs. Cette thèse s'inscrit dans un tel contexte pour mieux comprendre les dynamiques au sein des systèmes pastoraux au regard des inégalités croissantes, de la variabilité climatique et de l'exposition aux chocs. Pour cela, nous distinguons deux parties : la première est dédiée à l'analyse des inégalités de revenus, et la seconde est axée sur les stratégies d'adaptation face à divers chocs.

La première partie met l'accent sur l'analyse des inégalités de revenus en milieu pastoral au Sénégal et le rôle de la diversification des sources de revenus. Le Chapitre 1 montre l'importance des inégalités de revenus au sein des ménages pastoraux de l'ordre de 0,509 suivant les revenus globaux. En adoptant une décomposition par sources de revenus, les ventes issues des bovins apparaissent comme le plus générateur d'inégalités. En revanche, l'autoconsommation et les revenus issus des ventes de petits ruminants tendent à réduire les inégalités, montrant leur rôle dans l'économie des ménages les plus vulnérables. Le Chapitre 2 prolonge le premier dans la thématique des inégalités en s'appuyant sur une base de données des enquêtes PRAPS plus élargie. Ce chapitre examine l'impact de la diversification des activités sur les niveaux de revenus et la génération des inégalités. Les résultats montrent un effet positif de la diversification des sources de revenus sur le bien-être des ménages pastoraux en bénéficiant davantage aux ménages moins dotés en bétail. La décomposition des inégalités par sources de revenu a mis en relief le potentiel réducteur des activités de diversification sur les inégalités en milieu pastoral.

La seconde partie de la thèse porte sur les stratégies d'adaptation face aux chocs. Le chapitre 3 mesure les impacts économiques du changement climatique dans les systèmes pastoraux au Sénégal. Les résultats de l'approche ricardienne montrent que l'activité pastorale est très sensible aux conditions climatiques avec une relation non linéaire entre les revenus pastoraux et les variables de précipitations et de température. En outre, les conditions climatiques pèsent sur le choix des espèces animales avec l'adoption de petits ruminants au détriment des bovins. Les simulations de changement climatique montrent des pertes de revenus pastoraux de l'ordre de 47% à long terme dans un cas de scénario pessimiste. Le Chapitre 4 inscrit le pastoralisme dans un contexte d'exposition à divers chocs dans les systèmes pastoraux sahéliens. Les résultats montrent que la plupart des ménages pastoraux au Tchad ont été affectés par plusieurs chocs au cours de la période précédente avec de petits éleveurs davantage affectés par des chocs de marché et des chocs climatiques comparativement aux gros éleveurs confrontés surtout à des maladies animales. Des différences apparaissent dans les stratégies adoptées suivant les chocs même si la mobilité avec l'augmentation et la fréquence des déplacements demeure la principale stratégie. En considérant les catégories d'éleveur, les ménages pastoraux recourant davantage aux stratégies de mobilité et d'adoption d'espèces animales résilientes comparativement aux ménages agro-pastoraux s'appuyant beaucoup plus sur la diversification des sources de revenus.

**Mots clés :** Pastoralisme, inégalités, chocs, changement climatique, diversification, vulnérabilité, Sénégal, Tchad, Sahel

# Abstract

In Sahelian countries, pastoralism is the main income-generating activity for rural households. This activity takes place in a context of opportunities and risks. In terms of opportunities, projections show an increase in demand for meat and milk in developing countries as a result of population growth and rapid urbanization. However, pastoral activity takes place in a context of exposure to various shocks, the most significant of which are climate-related. This situation raises the issue of the vulnerability of pastoral households exposed to growing inequalities in terms of both income and livestock holdings. High inequalities combined with persistent poverty can reduce the resilience of pastoral households to climatic crises or other shocks. This thesis is set in such a context to better understand the dynamics within pastoral systems with respect to increasing inequality, climate variability and exposure to shocks. To this end, we distinguish two parts : the first is dedicated to the analysis of income inequalities, and the second focuses on coping strategies in the face of various shocks.

The first part focuses on the analysis of income inequalities in a pastoral environment in Senegal and the role of diversification of income sources. Chapter 1 shows the importance of income inequalities within pastoral households of around 0.509 in terms of overall income. When decomposed by income source, sales from cattle appear to be the most inequality generating. In contrast, self-consumption and income from sales of small ruminants tend to reduce inequality, showing their role in the economy of the most vulnerable households. Chapter 2 extends the first chapter on the theme of inequality by drawing on a broader PRAPS survey database. This chapter examines the impact of activity diversification on income levels and the generation of inequality. The results show a positive effect of diversification of income sources on the welfare of pastoral households by benefiting more households with less livestock. The decomposition of inequalities by income source highlighted the potential of diversification activities to reduce inequalities in pastoral areas.

The second part of the thesis focuses on coping strategies in the face of shocks. Chapter 3 measures the economic impacts of climate change in pastoral systems in Senegal. The results of the Ricardian approach show that pastoral activity is very sensitive to climatic conditions, with a non-linear relationship between pastoral income and rainfall and temperature variables. In addition, climatic conditions influence the choice of animal species with the adoption of small ruminants to the detriment of cattle. Climate change simulations show pastoral income losses of around 47% in the long term in a pessimistic scenario. Chapter 4 places pastoralism in a context of exposure to various shocks in Sahelian pastoral systems. The results show that most pastoral households in Chad have been affected by several shocks over the past period, with small-scale herders being more affected by market and climatic shocks than large-scale herders who were mainly confronted with animal diseases. Differences appear in the strategies adopted according to the shocks, even though mobility, with increased and more frequent movements, remains the main strategy. When considering the categories of herders, pastoral households resort more to mobility strategies and the adoption of resilient animal species compared to agro-pastoral households that rely much more on the diversification of income sources.

**Key words** : Pastoralism, inequalities, shocks, climate change, diversification, vulnerability, Senegal, Chad, Sahel



# Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>Table des matières</b>	<b>vi</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>xi</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>xii</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
Contexte . . . . .	1
Motivations de la recherche . . . . .	3
Inégalités de revenus en milieu pastoral . . . . .	3
Stratégies d'adaptation aux chocs . . . . .	4
Objectif et questions de recherche . . . . .	5
Cadre conceptuel . . . . .	6
Pays de l'étude . . . . .	9
Sénégal . . . . .	9
Tchad . . . . .	9
Structure de la thèse . . . . .	12
Références . . . . .	18
<b>I Analyse des inégalités de revenus</b>	<b>19</b>
<b>1 Repenser les amplitudes et sources des inégalités de revenus dans les systèmes pastoraux sahéliens</b>	<b>20</b>
1.1 Introduction . . . . .	21
1.2 Inégalités de revenus et pastoralisme : une revue de la littérature . . . . .	22
1.3 Présentation des sites de l'étude et des données . . . . .	23

1.3.1	Sites de l'étude . . . . .	23
1.3.2	Données . . . . .	26
1.4	Méthodologie . . . . .	27
1.4.1	Détermination des revenus des ménages pastoraux . . . . .	27
1.4.2	Evaluation des inégalités de revenus . . . . .	28
1.5	Structure des revenus des éleveurs . . . . .	30
1.6	Inégalités de revenus et décomposition de l'indice de Gini . . . . .	30
1.6.1	Décomposition des inégalités par site . . . . .	31
1.6.2	Décomposition des inégalités par sources de revenus . . . . .	32
1.7	Discussion . . . . .	35
1.8	Conclusion . . . . .	37
	Références . . . . .	41
<b>2</b>	<b>Diversifier ou se spécialiser? Impacts de la diversification sur le bien-être des ménages et les inégalités en milieu pastoral au Sénégal</b>	<b>42</b>
2.1	Introduction . . . . .	43
2.2	Pastoralisme, diversification des sources de revenus et inégalités : une revue de la littérature . . . . .	45
2.2.1	Pastoralisme et diversification des sources de revenus . . . . .	45
2.2.2	Diversification des sources de revenus et inégalités . . . . .	46
2.3	Contexte de l'étude et données . . . . .	47
2.3.1	Contexte et sites de l'étude . . . . .	47
2.3.2	Données . . . . .	50
2.3.3	Définition des activités de diversification . . . . .	51
2.4	Méthodes . . . . .	51
2.4.1	Décomposition des inégalités par sources de revenus . . . . .	51
2.4.2	Modèle d'Endogenous Switching Regression . . . . .	52
2.5	Présentation des variables et statistiques descriptives . . . . .	55
2.6	Résultats et discussion . . . . .	58
2.6.1	Impacts de la diversification sur les inégalités de revenus . . . . .	58
2.6.2	Déterminants de la participation aux activités de diversification . . . . .	60

2.6.3	Déterminants des revenus . . . . .	63
2.6.4	Déterminants des dépenses de consommation . . . . .	63
2.6.5	Estimation des effets de la participation . . . . .	65
2.7	Analyse de robustesse . . . . .	68
2.8	Conclusion . . . . .	69
	Références . . . . .	75
	Annexes du Chapitre 2 . . . . .	76

## **II Stratégies d'adaptation face aux chocs 82**

### **3 Impacts du changement climatique sur les systèmes pastoraux et agropastoraux au Sénégal : une approche ricardienne 83**

3.1	Introduction . . . . .	84
3.2	Variabilité climatique dans les systèmes pastoraux et agro-pastoraux au Sénégal	85
3.3	Approche ricardienne et activité d'élevage : une revue de la littérature . . . . .	87
3.4	Méthodologie . . . . .	90
3.4.1	Cadre conceptuel et théorique . . . . .	90
3.4.2	Modèle empirique . . . . .	92
3.5	Contexte de l'étude et données . . . . .	94
3.5.1	Contexte et sites de l'étude . . . . .	94
3.5.2	Données socio-économiques . . . . .	94
3.5.3	Données climatiques et caractéristiques des sols . . . . .	96
3.6	Résultats empiriques . . . . .	97
3.6.1	Résultats du modèle ricardien . . . . .	97
3.6.2	Choix des espèces animales . . . . .	100
3.7	Simulations d'impacts du changement climatique . . . . .	102
3.8	Conclusion . . . . .	104
	Références . . . . .	109
	Annexes du Chapitre 3 . . . . .	110

### **4 Vulnérabilité aux chocs et stratégies d'adaptation des ménages pastoraux et agropastoraux au Tchad 114**

4.1	Introduction . . . . .	115
4.2	Exposition aux chocs et stratégies d'adaptation : une revue de la littérature . . .	116
4.3	Contexte de l'étude et données . . . . .	118
4.3.1	Contexte et sites de l'étude . . . . .	118
4.3.2	Collecte des données . . . . .	120
4.4	Méthodologie . . . . .	121
4.4.1	Construction des catégories de chocs, stratégies d'adaptation et d'indice de richesse . . . . .	121
4.4.2	Chocs et stratégies d'adaptation . . . . .	123
4.5	Résultats et discussion . . . . .	124
4.5.1	Caractéristiques des chocs . . . . .	124
4.5.2	Stratégies d'adaptation . . . . .	126
4.5.3	Facteurs affectant le choix des stratégies d'adaptation aux chocs par les ménages . . . . .	127
4.6	Conclusion . . . . .	135
	Références . . . . .	139
	Annexes du chapitre 4 . . . . .	140
	<b>Conclusion générale</b>	<b>143</b>
	Principaux résultats . . . . .	143
	Recommandations politiques . . . . .	145
	Limites et perspectives de recherche . . . . .	146
	Références . . . . .	161



# Liste des figures

1	Cadre conceptuel . . . . .	7
2	Indice de variation annuelle des précipitations au Sahel entre 1900 et 2010 . . . . .	8
3	Les espaces agricoles et pastoraux du Sénégal . . . . .	10
4	Zones climatiques et espaces pastoraux au Tchad . . . . .	11
1.1	Localisation des sites d'étude de la zone pastorale au Sénégal . . . . .	24
1.2	Courbes de Lorenz de la distribution des revenus et de la dotation de bétail . . . . .	31
2.1	Sites de l'étude : zone d'intervention du PRAPS au Sénégal . . . . .	48
2.2	Distribution des scores de propension et support commun pour la participation aux activités de diversification . . . . .	68
2.3	Courbes de Lorenz de la distribution des revenus avec et sans diversification . . . . .	78
3.1	Variations inter-annuelles des pluies entre 1960 et 2016 en zone pastorale . . . . .	86
3.2	Indices d'anomalies des précipitations entre 1960 et 2016 en zone pastorale . . . . .	86
3.3	Evolution des températures entre 1980 et 2016 en zone pastorale . . . . .	87
3.4	Sites de l'étude : zone d'intervention du PRAPS au Sénégal . . . . .	95
3.5	Variation en pourcentage du revenu net suivant les scénarios climatiques . . . . .	103
3.1	Calcul des prévisions de données de précipitations et de température . . . . .	110
4.1	Répartition de l'échantillon des ménages enquêtés au Tchad . . . . .	119
4.2	Distribution des UBT par région . . . . .	120
4.3	Incidence des chocs (pourcentage des ménages) . . . . .	125
4.4	Nombre de chocs subis (pourcentage des ménages) . . . . .	126
4.5	Stratégies d'adaptations par ordre d'importance . . . . .	128

# Liste des tableaux

1.1	Sites de l'étude . . . . .	25
1.2	Caractéristiques des campements en 2013-2014 . . . . .	27
1.3	Sources de revenus par site en 2013-2014 (%) . . . . .	30
1.4	Indices d'inégalités dans les différents sites d'étude . . . . .	32
1.5	Décomposition de l'indice de Gini suivant les sites . . . . .	32
1.6	Décomposition de l'indice de Gini en source de revenu et par saison . . . . .	34
1.7	Décomposition de l'indice de Gini en espèces animales vendues . . . . .	35
2.1	Définition des variables et statistiques descriptives . . . . .	57
2.2	Caractéristiques des ménages participant ou non aux activités de diversification . . . . .	58
2.3	Impacts des sources de revenus dans la génération des inégalités . . . . .	59
2.4	Coefficients de Gini du revenu des ménages par individu avec et sans diversification suivant le quartile de revenu . . . . .	60
2.5	Déterminants de la participation aux activités de diversification et du revenu des ménages . . . . .	62
2.6	Déterminants de la participation aux activités de diversification et des dépenses consommation des ménages . . . . .	64
2.7	Effets de la participation sur les revenus et les dépenses (ATT) . . . . .	66
2.8	Effets de la participation par catégorie d'éleveurs . . . . .	67
2.9	Estimations des effets de la diversification sur les revenus et les dépenses de consommation avec le matching et l'IPWRA . . . . .	69
2.1	Estimation de la participation aux activités de diversification et équations de revenus . . . . .	76
2.2	Test de corrélation entre les variables de résultats et l'instrument . . . . .	77
2.3	Comparaison des inégalités de revenus avec ou sans activités de diversification . . . . .	81
3.1	Définition des variables et statistiques descriptives . . . . .	97
3.2	Régressions des revenus pastoraux sur les variables climatiques . . . . .	98
3.3	Effet marginal des précipitations et de la température sur les revenus pastoraux . . . . .	99

---

3.4	Probit multivarié pour le choix des espèces animales . . . . .	100
3.5	Effet marginal de choix des espèces animales . . . . .	101
3.6	Impacts de scénarios climatiques sur les revenus d'élevage . . . . .	102
3.2	Scénarios climatiques . . . . .	111
3.3	Régressions des revenus pastoraux suivant les catégories d'éleveurs . . . . .	112
3.4	Impacts du changement climatique sur les revenus pastoraux suivant les catégories d'éleveurs . . . . .	113
4.1	Caractéristiques des chocs . . . . .	127
4.2	Coefficient de corrélation des termes d'erreur obtenus à partir de l'estimation du modèle multivarié . . . . .	129
4.3	Déterminants des stratégies d'adaptation (Probit multivarié) . . . . .	130
4.4	Déterminants des stratégies d'adaptation suivant les catégories d'éleveurs . . . . .	133
4.5	Déterminants du nombre de stratégies d'adaptation face aux chocs (estimations de Poisson). . . . .	134
4.1	Définition des variables et statistiques descriptives . . . . .	140
4.2	Déterminants des stratégies d'adaptation . . . . .	141



# Liste des acronymes et des abréviations

ANACIM : Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

CRU : Climate Research Unit

ESR : Endogenous Switching Regression

FAO : Food and Agriculture Organization

GES : Gaz à Effet de Serre

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

IRED : Institut de Recherche en Elevage pour le Développement

LR : Likelihood Ratio

PKH : Pastoral Knowledge Hub

PPZS : Pôle Pastoralisme et Zones sèches

PRAPS : Programme Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel

PSM : Propensity Score Matching

RCP : Representative Concentration Pathway

UBT : Unités de Bétail Tropical

ZSP : Zone Silyvo-Pastorale

# Introduction générale

## Contexte

Dans les pays sahéliens, le secteur de l'élevage joue un rôle socio-économique majeur pour les ménages ruraux et la contribution à l'économie nationale. Sur le plan économique, la contribution de l'élevage au PIB total des pays sahéliens est estimée entre 5 à 10% alors qu'elle représente 15 à 40% de la valeur ajoutée de l'agriculture (Behnke, 2012; Hesse *et al.*, 2013; Nouala *et al.*, 2011; Wane *et al.*, 2020). Certaines études ont montré que la prise en compte des contributions indirectes de l'élevage à travers l'apport en engrais organiques, les services de traction animale ou le transport aboutit à une hausse de la part de l'élevage dans la valeur ajoutée agricole pour atteindre une part de plus 50% (Behnke, 2010; Behnke et Osman, 2013). En outre, le secteur de l'élevage contribue également à un renforcement du commerce sous-régional avec les ventes de bétail issu de la zone sahélienne vers les pays côtiers d'Afrique occidentale. Au-delà de son rôle économique reconnu, l'élevage assure aussi une fonction sociale importante de sécurisation des conditions de vie des familles d'éleveurs et de dynamisation des territoires (Wane *et al.*, 2010).

Sur le plan social, l'élevage fournit totalement ou partiellement les moyens de subsistance d'environ 110 à 120 millions de personnes, soit environ 70% de la population rurale des zones arides d'Afrique de l'Ouest et de l'Est (de Haan, 2016). Parmi ces populations, les mêmes statistiques montrent qu'entre 25 et 41 millions dépendent exclusivement de l'élevage (pasteurs), tandis que les autres tirent une partie de leurs revenus de la culture (agropasteurs). Ces chiffres prennent encore plus d'importance si l'on considère que les systèmes pastoraux couvrent à eux seuls une superficie de 3,66 millions de kilomètres carrés, répartis entre le Sahel, la Corne de l'Afrique et l'Afrique australe (de Hann et al, 2016). Dans de nombreuses régions, l'élevage de bétail sur parcours est la seule forme possible d'utilisation des terres avec des zones arides et semi-arides occupant plus de 60% des terres de l'Afrique Sub-saharienne.

Les perspectives du secteur de l'élevage au Sahel apparaissent mitigées avec un contexte caractérisé par des opportunités de développement, et par des risques et incertitudes pesant sur la durabilité de l'activité.

En ce qui concerne les opportunités, le contexte des pays sahéliens est marqué par une forte croissance démographique et une urbanisation rapide entraînant une hausse de la demande en produits animaux. Certaines projections font état d'une hausse de 25% de la demande en viande à l'horizon 2030 due en partie aux besoins dans les pays en développement (de Haan, 2016). Dans la même lignée, la consommation mondiale de produits laitiers devrait augmenter de 17% entre 2019 et 2028, soit un taux supérieur à celui attendu pour la plupart des autres produits agricoles avec des perspectives plus prometteuses dans les pays en développement de l'ordre de 20 à 35%

suivant les produits laitiers (OCDE et FAO, 2019). En outre, depuis 2018, des initiatives sont mises en œuvre pour supporter la production de lait dans les systèmes pastoraux sahéliens et promouvoir la consommation du lait local à travers la campagne "Mon lait est local" (Duteurtre *et al.*, 2020). En outre, les pays sahéliens bénéficient de la mise en œuvre d'un Programme Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel <sup>1</sup> (PRAPS) sous financement de la Banque Mondiale depuis 2015 avec l'objectif de « sécuriser le mode d'existence et les moyens de production des populations pastorales et d'accroître le produit brut des activités d'élevage d'au moins 30% dans six pays sahéliens ». Ce programme entamé en 2015 fait l'objet d'une seconde phase.

Malgré ces opportunités de développement, les pasteurs et agropasteurs sahéliens évoluent dans un environnement sujet aux risques et incertitudes. L'un des risques majeurs a trait à la variabilité dans la distribution des précipitations qui impacte fortement la disponibilité des ressources pastorales. Le changement climatique constitue également un facteur qui aggrave les perturbations économiques, sociales, culturelles et politiques (volatilité des prix des denrées alimentaires et des aliments de bétail, maladies, instabilité politique, transformations sociales, etc.). Malgré l'importance socio-économique de l'élevage, ce secteur demeure encore marginalisé dans les politiques et stratégies de croissance des pays sahéliens comparativement à l'agriculture. En termes budgétaires, cela se traduit par une part allouée à l'élevage dans les dépenses agricoles de l'ordre de 10% au lieu de l'engagement des Etats sahéliens à orienter 30% des budgets de l'agriculture sur l'élevage (Crola, 2019). En outre, les pasteurs sont également confrontés au manque d'infrastructures et aux incertitudes du marché, ce qui affecte gravement leurs moyens de subsistance.

Parallèlement à cela, la pauvreté persiste dans les zones pastorales avec une estimation de près de 80% des ménages pastoraux vivant en dessous du seuil de pauvreté (de Haan, 2016). Si l'on considère la pauvreté sous l'angle de la possession d'animaux, la majorité des éleveurs ont un capital bétail inférieur à 4,5 UBT par individu qui est considéré comme le niveau en dessous duquel les ménages pastoraux ont des difficultés à assurer la durabilité de leurs activités (Little *et al.*, 2008). En outre, des analyses menées sur la dotation de bétail en milieu pastoral au Sahel montrent de fortes inégalités avec les groupes les plus riches possédant la grande majorité du bétail. La persistance des inégalités parmi les éleveurs prend une ampleur plus importante dans des contextes caractérisés par la fragilité et une distribution asymétrique des ressources naturelles. Dans un tel contexte, les ménages pauvres sont particulièrement vulnérables aux chocs socio-économiques ou climatiques car ils disposent de peu de ressources pour mettre en place des stratégies d'adaptation. De fortes inégalités associées à la pauvreté persistante peuvent réduire la résilience des ménages pastoraux face à des crises climatiques ou des chocs socio-économiques.

De ce point de vue, les débats sur le développement international ont attiré l'attention sur les

---

1. Ce projet concerne six pays sahéliens que sont Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad signataires de la Déclaration de Nouakchott en Octobre 2013 sur les perspectives de développement de l'élevage

---

liens entre inégalités et changement climatique dans le contexte de mise en oeuvre des Objectifs de Développement Durable (ODD) à l'horizon 2030 (DESA, 2016). Ainsi, le rapport « World Economic and Social Survey 2016 : Climate Change Resilience – An Opportunity for Reducing Inequalities » suggère qu'en l'absence d'un ensemble de politiques visant à réduire l'exposition et la vulnérabilité des populations au changement climatique, la pauvreté et les inégalités ne feront que s'aggraver.

## **Motivations de la recherche**

Cette thèse s'inscrit dans un contexte caractérisé par un manque d'études qui permettraient de comprendre les dynamiques dans les sociétés pastorales en rapport aux inégalités de revenus et à l'exposition à divers chocs. Pour cela, nous abordons le travail en considérant deux grandes parties portant, d'une part, sur l'analyse des inégalités parmi les éleveurs, et d'autre part, sur l'analyse de la résilience des pasteurs à divers chocs particulièrement ceux climatiques.

### **Inégalités de revenus en milieu pastoral**

L'analyse des inégalités dans le secteur de l'élevage pastoral au Sahel se justifie pour plusieurs raisons. Un corpus croissant de recherches théoriques et empiriques a été consacré aux effets néfastes des niveaux d'inégalité élevés ou persistants sur la croissance économique à long terme (IMF, 2017; World Bank, 2016), et sur la stabilité politique, la violence et les conflits (Crola, 2019; Stiglitz, 2012). En ce sens, l'évaluation des inégalités constitue un enjeu important pour les pays en développement en termes de définition de politiques et de stratégies pour les atténuer, même si des limites persistent en termes de données statistiques (Piketty, 2013). En Afrique, l'un des enjeux majeurs est de disposer d'informations fiables sur la distribution des revenus en milieu rural. Malgré son importance socio-économique, l'élevage a fait l'objet de travaux limités comparativement au secteur agricole. Les premières études menées sur les inégalités dans les sociétés pastorales au Sahel postulent une certaine forme d'homogénéité en mettant en avant le rôle du capital social dans les sociétés pastorales (Mulder, 1999; Salzman, 1999). Par la suite, d'autres études menées dans les zones pastorales ont mis en avant des différences de stratégies productives suivant les dotations en bétail et des inégalités de revenus en s'appuyant sur les recettes issues des ventes de produits pastoraux (Little *et al.*, 2008; McPeak, 2004; Sutter, 1987; Wane *et al.*, 2009). Toutefois, très peu de recherches empiriques ont été menées dans la zone sahélienne pour comprendre la distribution des revenus en milieu pastoral et la contribution spécifique de chaque source de revenus dans la génération des inégalités. En outre, certaines évaluations sur les inégalités en milieu rural se basent sur les dépenses de consommation et masquent de potentielles différences selon les activités considérées. Cela montre l'intérêt de mener une étude spécifique sur l'activité pastorale caractérisée par la saisonnalité et les

différences de stratégies productives suivant les espèces animales.

En matière de stratégie de réduction des inégalités, certaines études ont mis en relief le rôle potentiel de la diversification des sources de revenus en milieu rural (de Janvry *et al.*, 2005). Bien que la transhumance constitue la principale stratégie des éleveurs face à divers chocs, des études ont mis en évidence un recours croissant des ménages pastoraux et agropastoraux aux activités de diversification dans la gestion des risques (Mburu *et al.*, 2017; Radeny *et al.*, 2007; Tsegaye *et al.*, 2013). Le rôle de la diversification des sources de revenus sur les inégalités a fait l'objet de diverses recherches même si le bilan apparaît mitigé. Des études ont mis en avant le rôle de la diversification dans la réduction des inégalités (de Janvry *et al.*, 2005; Zhu et Luo, 2006), tandis que d'autres ont constaté que la diversification tend à accroître les inégalités entre les ménages en milieu rural (Canagarajah *et al.*, 2001; Reardon et Taylor, 1996). Ces différences peuvent s'expliquer par l'agrégation de différentes activités dans la diversification (emplois salariés et activités indépendantes) d'où l'intérêt de mener une analyse plus spécifique en s'intéressant au rôle des activités indépendantes (commerce, artisanat, ...). En outre, les études menées sur les stratégies de diversification en milieu rural au Sénégal sont axées sur l'analyse des déterminants et ont globalement porté sur les ménages agricoles (Bignebat et Sakho-Jimbira, 2013; Loison et Bignebat, 2017). A notre connaissance, peu d'études ont porté sur les déterminants de la participation aux activités de diversification dans le cadre pastoral et sur les impacts potentiels sur les inégalités de revenu parmi les ménages pastoraux et agropastoraux au Sénégal.

## **Stratégies d'adaptation aux chocs**

L'analyse de la résilience de l'activité pastorale face à divers chocs est motivée par plusieurs raisons. Le pastoralisme au Sahel est considéré comme l'un des secteurs les plus exposés au changement climatique compte tenu de la forte dépendance du secteur aux pâturages naturels et du contexte de variabilité climatique dans la zone sahélienne. Dans la littérature, des études ont mis en évidence les impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de l'élevage à travers une réduction de la production et de la qualité des pâturages (Polley *et al.*, 2013), l'émergence de maladies animales (Nardone *et al.*, 2010), et une baisse de la croissance animale et de la production laitière (Henry *et al.*, 2012). Au niveau de la littérature économique, des études basées sur l'approche « ricardienne » de Mendelsohn *et al.* (1994) ont analysé des impacts du changement climatique en s'appuyant sur des variables de précipitations et de températures à long terme. Cette approche a été adaptée dans le cadre du pastoralisme pour étudier l'impact du changement climatique sur les revenus de l'élevage et le choix des espèces animales. Des travaux empiriques ont été conduits sur un ensemble de pays d'Afrique (Kurukulasuriya et Ajwad, 2006; Seo et Mendelsohn, 2008) ou d'Amérique Latine (Seo *et al.*, 2010) qui mettent en évidence des effets non linéaires des précipitations et des températures sur le choix des espèces et/ou les revenus générés par les différents types d'élevage. Cette approche a été reprise notamment

par Gebreegziabher *et al.* (2013) sur des données en Ethiopie et Kabubo-Mariara (2009) pour le Kenya. Ces études souffrent de quelques limites liées à une analyse globale négligeant les différents systèmes de production (Seo et Mendelsohn, 2008) ou par une analyse davantage axée sur des zones où l'élevage constitue un secteur secondaire comparativement à l'agriculture (Kabubo-Mariara, 2009). Au Sénégal, des études antérieures dans le domaine du pastoralisme se sont focalisées sur l'analyse des tendances climatiques en s'appuyant principalement sur les données de précipitations. Les résultats de cette thèse peuvent contribuer à consolider les connaissances sur les impacts du changement climatique sur le secteur de l'élevage au Sénégal et pour l'élaboration de stratégies d'adaptation.

Par la suite, il convient d'inscrire le changement climatique dans le contexte général sahélien caractérisé par la diversité de chocs d'ordre économique, sanitaire ou sécuritaire. Un bilan des études menées sur les chocs et stratégies d'adaptation des ménages ruraux en Afrique montre certains limites. D'une part, la plupart des études ont porté sur l'analyse spécifique d'un choc notamment climatique en négligeant la prise en compte d'autres chocs dans le contexte des pays sahéliens où l'exposition à une diversité de chocs est importante (Araujo-Bonjean *et al.*, 2019; Berhanu et Beyene, 2015; McPeak, 2004). D'autre part, des études portant sur les stratégies d'adaptation face à divers chocs présentent des limites sur le plan méthodologique en négligeant les corrélations potentielles entre une stratégie d'adaptation spécifique et les autres options d'adaptations (Mehar *et al.*, 2016; Nguyen *et al.*, 2020). En outre, des études peuvent se caractériser par une période de rappel longue (5 à 10 ans) pouvant aboutir à des oublis de la part des ménages enquêtés (Dercon *et al.*, 2005). La motivation de la thèse sur l'analyse des stratégies d'adaptation des ménages pastoraux se situe également dans la littérature sur la gestion du risque par les ménages ruraux. De nombreux auteurs se sont interrogés sur la capacité des ménages à lisser leur consommation et sur le rôle d'assurance joué par le bétail face à des chocs climatiques. Certains travaux montrent que les ventes de bétail sont limitées et que les éleveurs tendent à conserver leur bétail afin de préserver leur revenu futur espéré (Araujo-Bonjean *et al.*, 2019; Fafchamps *et al.*, 1998; McPeak, 2004). Il est intéressant d'aller au delà du choc climatique en considérant une variété de chocs et les différences d'exposition suivant les catégories d'éleveurs. De même, l'intérêt de cette recherche réside à analyser les stratégies spécifiques à chaque choc.

## **Objectif et questions de recherche**

L'objectif principal de cette thèse est d'analyser les dynamiques dans les systèmes pastoraux et agropastoraux au Sénégal et au Tchad dans un contexte caractérisé par des inégalités de revenus croissantes, le changement climatique et l'exposition à divers chocs. Cette thèse vise à fournir une compréhension plus large de l'amplitude des inégalités dans les systèmes pastoraux et des chocs auxquels les ménages sont confrontés ainsi que les stratégies mises en œuvre pour y faire face.

À cette fin, la thèse aborde les questions de recherche spécifiques suivantes :

1. Quelle est l'amplitude des inégalités de revenus dans les systèmes pastoraux au Sénégal ? Quelle est la contribution spécifique des différentes sources de revenus pastoraux à la génération des inégalités suivant la saisonnalité et les espèces animales ? (Chapitre 1)
2. Quels sont les déterminants de la diversification des sources de revenus en milieu pastoral et quelle est le rôle de la diversification dans la réduction des inégalités ? (Chapitre 2)
3. Quels sont les impacts du changement climatique sur les revenus des ménages pastoraux et agropastoraux au Sénégal ? Quelles sont les stratégies mises en œuvre en termes de choix d'espèces animales suivant les conditions climatiques ? (Chapitre 3)
4. Quels sont les chocs affectant les ménages pastoraux et agropastoraux au Tchad et les stratégies mises en œuvre ? Existe-il des différences en termes de stratégies suivant les catégories d'éleveurs et les zones agro-écologiques ? (Chapitre 4)

## Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de la thèse est axé sur les système de production animale au Sahel soumis à divers risques et sur les stratégies mises en œuvre pour y faire face (Figure 1).

Les modes de production animale peuvent être décrits globalement comme une combinaison d'intrants non-marchands et d'intrants marchands en vue de produire des animaux sur-pieds et des produits d'élevage (viande, lait frais, lait caillé, beurre, cuirs et peaux). Ces productions d'élevage sont souvent complétées par des productions de diversification notamment agricoles pour être stockées, consommées et/ou vendues. La consommation des produits laitiers et leur vente jouent un rôle vital dans la sécurité alimentaire des ménages pastoraux. Leur commercialisation reste, cependant, fortement contrainte par le déficit d'infrastructures de collecte et de stockage, le caractère saisonnier de ces produits, le niveau élevé des coûts de transactions et également les comportements des pasteurs inscrits dans une logique de sécurisation de leur consommation. Il ressort globalement qu'un arbitrage permanent s'effectue entre commercialisation et auto-consommation. La plupart des études néglige la prise en compte de l'autoconsommation dans l'évaluation des revenus des ménages pastoraux et les différences potentielles suivant les catégories d'éleveurs. Dans cette thèse, l'accent est mis sur la prise en compte des diverses sources de revenus pour aboutir à des évaluations sur la contribution spécifique de chaque source à la génération des inégalités.

Ces systèmes pastoraux sont soumis à divers chocs dont les plus prégnants sont les chocs climatiques compte tenu de la forte dépendance de l'activité pastorale aux ressources naturelles. La

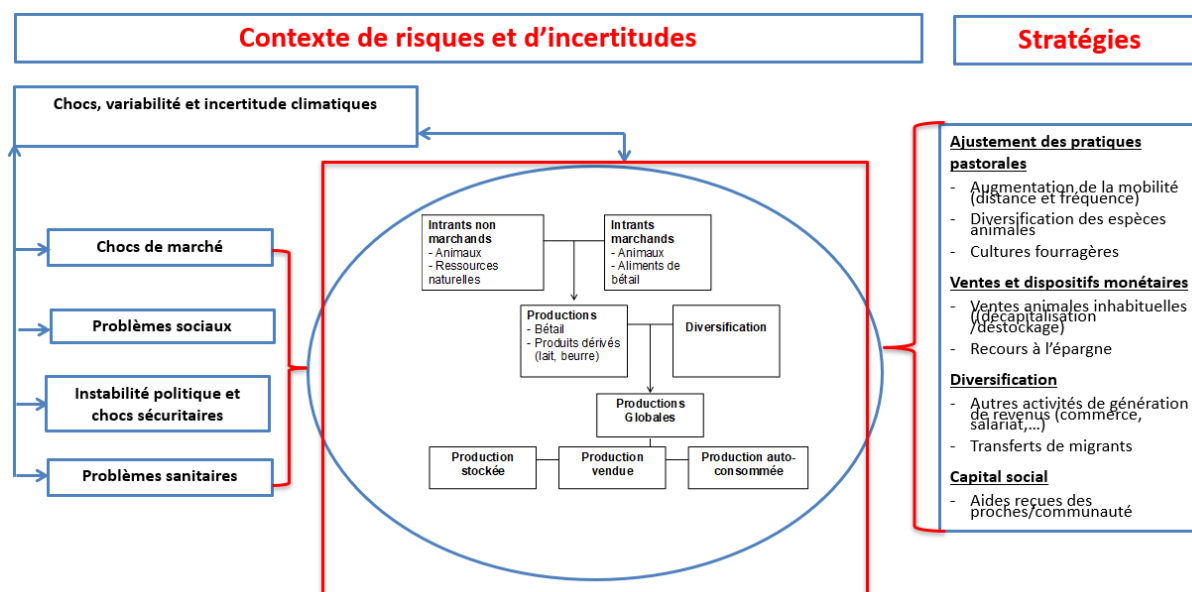


FIGURE 1 – Cadre conceptuel

Source : Adapté d'après Wane et Mballo (2016)

zone sahélienne se caractérise par une forte variabilité spatio-temporelle affectant la disponibilité des pâturages et de l'eau. Concernant les tendances passées au Sahel, la période 1900-1950 a été marquée par une alternance assez régulière où trois à quatre années humides étaient souvent suivies d'une à deux années sèches (Figure 2). De 1951 à 1969, une longue série d'années humides a eu lieu, suivie de 1970 à 1993 par une longue série d'années sèches. Cependant, la période 1994 à 2011 a été marquée par un phénomène de retour des pluies même si cela ne se situe pas au même niveau que la période très pluvieuse (Touré *et al.*, 2012).

Cette forte variabilité climatique exacerbe l'exposition à d'autres chocs d'ordre économique, sanitaire ou sécuritaire. En termes de chocs économiques, même si la plupart des ménages pastoraux sont assez bien intégrés au marché et génère des revenus à partir de la vente d'animaux et de produits d'élevage, ils demeurent fortement exposés aux chocs de prix. Les ménages pastoraux sont particulièrement vulnérables aux fluctuations du rapport entre le prix du bétail et celui des céréales, comme c'est généralement le cas en période de soudure. Sur le plan sanitaire, certaines maladies animales sont toujours présentes avec les risques de propagation sur de grandes zones dus à la concentration d'animaux et à un accès limité aux services vétérinaires. Au niveau sécuritaire, la zone sahélienne fait face à un contexte difficile limitant les déplacements des éleveurs avec la survenue de vols de bétail. En outre, la croissance démographique s'accompagne aussi d'une augmentation des surfaces cultivées qui peut déboucher sur davantage de conflits entre agriculteurs et éleveurs.

Dans un contexte d'incertitude et de limites des marchés du crédit et de systèmes de protection



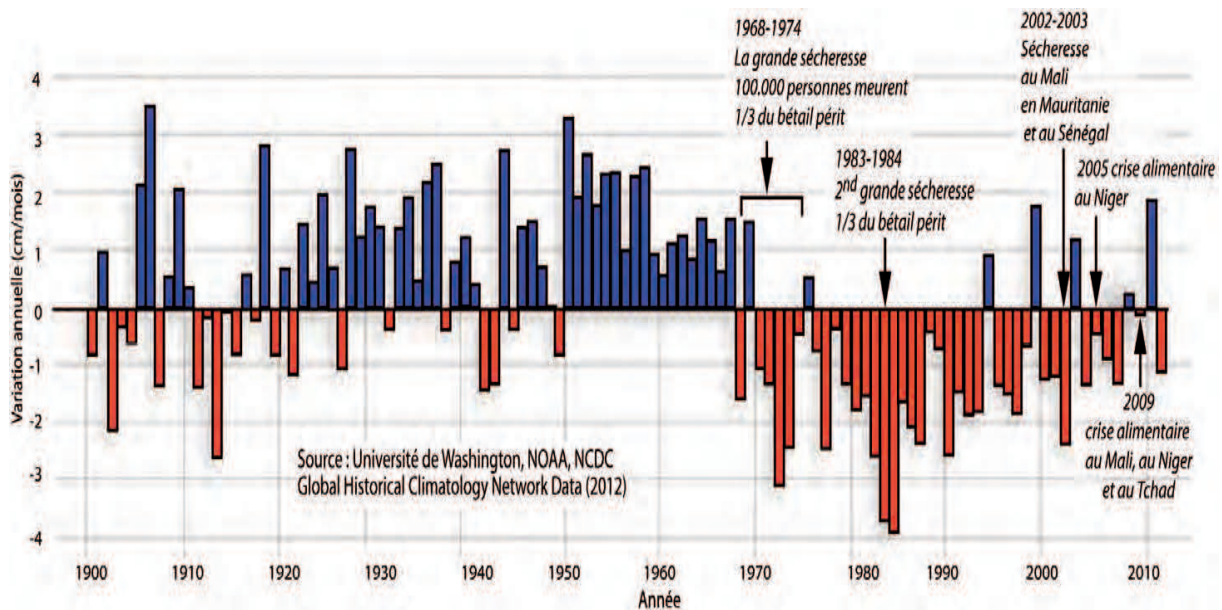


FIGURE 2 – Indice de variation annuelle des précipitations au Sahel entre 1900 et 2010

Source : Touré *et al.* (2012)

formels, les ménages pastoraux et agro-pastoraux sahéliens utilisent la mobilité et la diversification/pluriactivité comme stratégies d'adaptation pour sécuriser leurs systèmes de production et leurs moyens de subsistance (Alary *et al.*, 2015). Ces stratégies sont caractérisées par des relations complexes qui limitent le type de stratégies possibles et par la multifonctionnalité des biens d'élevage (approvisionnement en lait, traction animale,...). Parfois, les pasteurs s'engagent dans l'élevage d'espèces de bétail avec des cycles de vie courts, qui fournissent des gains rapides pour échapper à la pauvreté (Alary *et al.*, 2015). Dans d'autres contextes, ils favorisent les grands ruminants qui représentent un investissement à long terme (Wane *et al.*, 2010). En outre, les zones pastorales se caractérisent par un contexte marqué par une diversification croissante des activités (Manoli *et al.*, 2014). Pour les pasteurs moins pourvus en bétail, la diversification des moyens de subsistance peut constituer une bonne stratégie pour réduire l'exposition et la sensibilité à différents types de chocs. Par ailleurs, les sociétés pastorales ont longtemps été caractérisée par l'importance du capital social, il serait intéressant d'analyser le recours à ce type de stratégies dans un contexte marqué par la récurrence des chocs.

## Pays de l'étude

La thèse s'inscrit dans le cadre de l'élevage pastoral au Sahel en portant sur deux pays caractéristiques que sont le Sénégal et le Tchad.

## Sénégal

Au Sénégal, l'élevage en tant qu'activité de production est caractérisé par la coexistence entre un système pastoral localisé au Nord-est du pays, un système agro-pastoral dans la zone centre et un système intensif essentiellement périurbain. L'élevage pastoral localisé au Nord-est du pays dans la Zone Sylvo-Pastorale (ZSP) se caractérise par la grande mobilité des éleveurs et de leurs troupeaux. Considérée comme la zone de prédilection de l'élevage pastoral, la Zone Sylvo-Pastorale (ZSP) s'étend principalement sur les régions de Saint Louis, Louga et Matam couvrant une superficie de plus de 60.000 km<sup>2</sup> environ un tiers du territoire national (Touré et al, 2003). Toutefois, à côté de ce système, il existe un élevage agro-pastoral reconnu pour son potentiel d'intégration avec l'agriculture dans les zones agro-écologiques du Bassin Arachidier, de la vallée du fleuve Sénégal, de la Zone Cotonnière et de la Basse Casamance. Ce sous-système combinant agriculture et élevage tend à se développer sous l'effet des changements globaux (climatique, économique, social et politique) avec des pasteurs tendant à se sédentariser pour diversifier leurs sources de revenus. En outre, les agriculteurs investissent dans l'élevage à des fins d'épargne ou de services tels que la traction animale. Quant à l'élevage intensif périurbain, il est essentiellement localisé dans la zone des Niayes. Ces sous-systèmes de production sont localisés dans une bande relativement restreinte de 1832 km<sup>2</sup>, appelée « les Niayes » et qui va jusqu'à la capitale Dakar, principale zone de consommation des produits animaux du Sénégal. Ces sous-systèmes intensifs et semi-intensifs contribuent notamment à la production laitière.

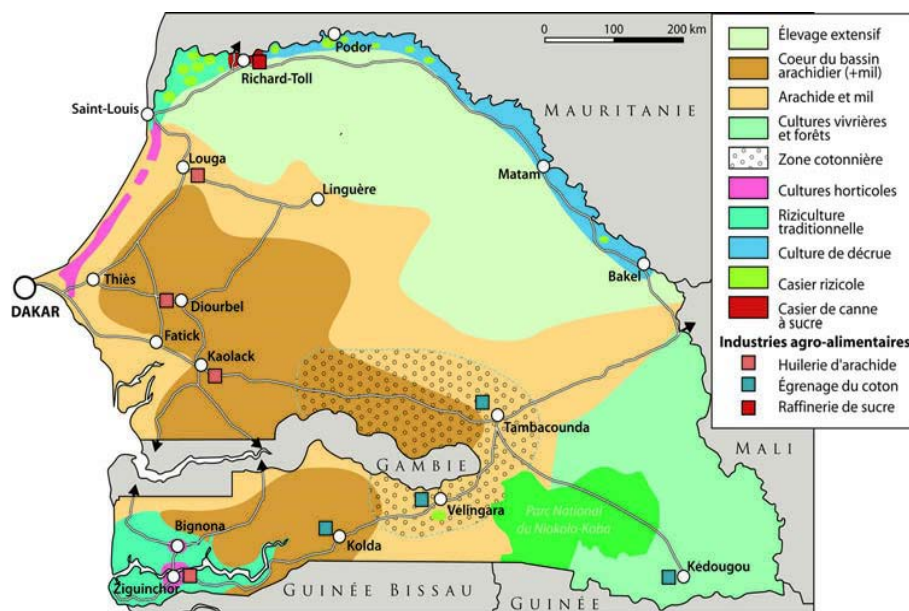


FIGURE 3 – Les espaces agricoles et pastoraux du Sénégal

Source : Atlas de l'élevage au Sénégal

En termes de contribution économique, Le Sénégal dispose d'un secteur de l'élevage qui a

participé en moyenne pour environ 27,2% à la formation du PIB agricole et à 4,1% au PIB global entre 2014 et 2018 (ANSD, 2020). L'élevage constitue la principale source de revenus pour 350 000 familles soit l'équivalent de 3 millions d'individus essentiellement vivant en milieu rural (Niang et Mbaye, 2013). Toutefois, pour faire face à la demande nationale, le Sénégal tend à importer des animaux sur pied de la Mauritanie et du Mali contrairement au Tchad.

## Tchad

Le Tchad dispose d'une superficie de 1 284 000  $km^2$  avec une population estimée à plus de 11 millions d'habitants avec un taux de croissance démographique de l'ordre de 3,6% (RGPH, 2009). Le Tchad se caractérise par une diversité des zones agro-écologiques qui déterminent les systèmes de production animale. La zone saharienne représentant plus de 60% du pays est davantage propice à l'élevage de camelins. Au niveau de la zone sahélienne, correspondant à 30% de la superficie du pays, elle se caractérise par la concentration de la majorité du bétail tchadien particulièrement le cheptel bovins. Les systèmes pastoraux et agro-pastoraux dans cette zone se distinguent à travers l'amplitude de la mobilité et la pratique de l'agriculture plus au sud. La troisième zone agroécologique renvoyant à la zone soudanienne est caractérisée par l'importance des précipitations comprise entre 700 et 1300 mm faisant d'elle une zone propice pour l'agriculture.

Sur le plan économique, les équilibres macroéconomiques ont été modifiés par l'émergence du secteur pétrolier à partir de 2003 créant une dépendance à la rente pétrolière. Les revenus pétroliers ont contribué à l'amélioration des performances économiques, mais ils n'ont pas été suffisants pour couvrir la demande sociale d'une population croissante. Malgré de meilleures performances économiques, les indicateurs de pauvreté présentent toujours un tableau difficile avec le nombre de personnes pauvres ayant augmenté entre 2011 et 2018 (Wane *et al.*, 2020). De plus, le Tchad se classe dans les dix derniers rangs de l'indice de la faim dans le monde (118 sur 119), de l'indice des États fragiles (171 sur 178) et de l'indice des inégalités de genre (186 sur 189). Un des défis majeurs du Tchad constitue de limiter la dépendance au secteur pétrolier et de favoriser le secteur primaire. Certaines études situent la contribution de l'élevage à plus de 10% du PIB global et 53% du PIB agricole (Hesse *et al.*, 2013; Wane *et al.*, 2020). En outre, l'élevage avec la commercialisation des animaux sur pieds, des cuirs et peaux rapporterait au pays quelques 135 milliards de FCFA par an (200 Millions d'Euros) et représenterait 84% des exportations hors pétrole en 2011. De plus, l'élevage tchadien contribue de façon importante à l'approvisionnement en viande des pays frontaliers (Cameroun, Nigeria et Centrafrique).

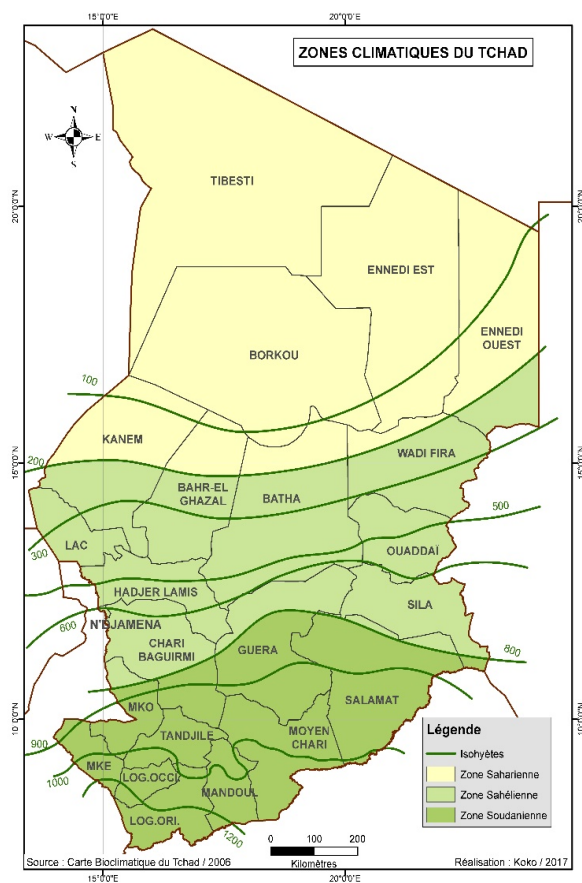


FIGURE 4 – Zones climatiques et espaces pastoraux au Tchad

Source : Capitalisation de l'élevage au Tchad

## Structure de la thèse

Cette thèse s'articule autour de deux grandes parties, chacune comprenant deux chapitres.

La première partie est axée sur l'analyse des inégalités de revenus en milieu pastoral au Sénégal.

Le Chapitre 1 est dédié à l'analyse de la contribution spécifique de chaque source de revenus pastoraux aux inégalités en prenant en compte la saisonnalité et les espèces animales. Pour renforcer les connaissances sur la structure des revenus au Sahel, une enquête ménages a été conduite sur cinq sites représentatifs de l'élevage pastoral au Sénégal entre 2013 et 2014. Les résultats montrent l'importance des inégalités entre ménages avec un indice de Gini évalué à 0,509 suivant les revenus globaux. Ces inégalités sont expliquées principalement par des disparités entre les sites et par des écarts de dotation en capital-bétail. L'autoconsommation joue un rôle important dans la consommation des ménages, et sa non prise en compte aboutit à des niveaux d'inégalités de revenus supérieurs, avec un indice de Gini de 0,531. En recourant à la décomposition de l'indice de Gini suivant les différentes sources de revenus par saison, nous montrons que les ventes de bétail en saison des pluies, en particulier les ventes de bovins, sont associées à un effet accroissant l'indice de Gini. Ces ventes sont donc celles qui traduisent le plus clairement les inégalités de revenus entre ménages. A contrario, les ventes des petits ruminants atténuent les inégalités entre ménages, ce qui indique que les moutons et des chèvres jouent un rôle important dans l'économie des ménages les moins bien dotés. Ce chapitre met en exergue l'hétérogénéité qui prévaut en milieu pastoral dans l'analyse de la distribution des revenus pastoraux et des inégalités contrairement à une vision homogène des éleveurs. Cette étude s'est focalisé sur les sources de revenus issus de l'élevage et nécessite une généralisation pour prendre en compte les différentes activités relevant de stratégies de diversification dans les systèmes pastoraux et agro-pastoraux.

Le Chapitre 2 étudie de manière plus approfondie la thématique des inégalités de revenus en s'appuyant sur une base de données plus élargie et représentative des zones agro-écologiques au Sénégal et en prenant en compte le rôle potentiel de la diversification des sources de revenus en milieu pastoral. La plupart des études se sont focalisées principalement sur les ménages agricoles et des interrogations subsistent en ce qui concerne les ménages pastoraux et agro-pastoraux caractérisés par le recours à la mobilité du bétail comme stratégie d'adaptation dans un environnement incertain. Nous utilisons les données du Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS) pour la campagne agro-pastorale 2015/2016 pour étudier les impacts de la participation aux activités de diversification (commerce, artisanat, . . .) sur les niveaux de revenu et les inégalités dans les zones pastorales et agro-pastorales au Sénégal. Afin de tenir compte des biais potentiels de sélection et d'endogénéité, nous avons adopté la méthode d'Endogenous Switching Regression (ESR) ou modèle à changement de régime. La méthode d'appariement par les scores de propension a été utilisée en termes de complément. Les résultats montrent un effet positif et significatif de la participation aux activités de diversification sur

---

les revenus et les dépenses de consommation des ménages pastoraux. En désagrégant suivant la catégorie d'éleveurs, la diversification des sources de revenus profitent davantage aux petits éleveurs comparativement à la catégorie des éleveurs mieux dotés en bétail. La décomposition des inégalités par sources de revenu a mis en relief le potentiel réducteur des activités de diversification sur les inégalités en milieu pastoral.

La seconde partie est axée sur l'analyse des impacts du changement climatique sur les systèmes pastoraux et les stratégies d'adaptation mises en œuvre face à divers chocs.

Le Chapitre 3 consiste à évaluer les impacts des variables climatiques (précipitations et température) sur les revenus pastoraux et à procéder à des simulations d'impacts sur l'élevage pastoral au Sénégal en se basant sur un ensemble de scénarii de changement climatique. Nous étudions également les stratégies d'adaptation à la variabilité climatique en considérant les décisions de choix des espèces animales par les éleveurs. En termes de méthodologie, nous nous appuyons sur l'approche ricardienne proposée par Mendelsohn *et al.* (1994) qui a fait l'objet de plusieurs études dans le cadre du secteur agricole. L'approche ricardienne consiste en une régression de la valeur de la terre ou des revenus agricoles sur des variables climatiques (notamment précipitations et température), des caractéristiques biophysiques et des variables socio-économiques pour estimer l'impact du changement climatique. Le modèle a également été adapté pour étudier les impacts potentiels du changement climatique sur le secteur de l'élevage en s'appuyant sur les revenus au lieu de la valeur des terres compte tenu de la difficulté de son estimation avec une activité d'élevage caractérisée par le recours à de larges terres de parcours. Les résultats montrent la sensibilité de l'activité pastorale au Sénégal aux variations climatiques avec une hausse des précipitations ayant un impact positif et significatif sur les revenus pastoraux, par contre la hausse des températures est associée à des impacts négatifs. En ce qui concerne les choix des espèces animales, les résultats montrent une tendance à l'adoption de petits ruminants (ovins et caprins) plus résilients aux conditions climatiques comparativement aux bovins.

Le Chapitre 4 s'inscrit dans un contexte où les ménages ruraux dans les pays en développement sont particulièrement exposés à une série de chocs qui peuvent les rendre plus vulnérables suivant leur capacité d'adaptation. La conception de mesures appropriées passe par une meilleure compréhension des chocs, vulnérabilités et des mécanismes d'adaptation des ménages. Des études menées sur les chocs et stratégies d'adaptation des ménages ruraux en Afrique présentent quelques limites ayant trait à la prise en compte des chocs et de la période de rappel considéré. L'objectif de ce chapitre est axé sur l'étude des chocs et des stratégies d'adaptation en milieu pastoral au Tchad. En premier lieu, il s'agit d'analyser les chocs subis par les ménages pastoraux et agro-pastoraux en se focalisant sur les catégories d'éleveurs et les déterminants spatiaux à travers les zones agro-écologiques. En second lieu, l'adoption d'une stratégie d'adaptation spécifique est analysée suivant les différents chocs. Les données de l'étude sont issues du projet FIDA-FAO sur l'économie des ménages pastoraux et agropastoraux au Tchad pour la campagne agropastorale 2017/2018 et portent sur un échantillon de 813 ménages. Une approche

de régression multivariée est appliquée pour identifier les liens entre une stratégie d'adaptation et un type de choc particulier. Par la suite, l'analyse est approfondie en considérant les catégories d'éleveurs. La mobilité avec l'augmentation de la fréquence et de la distance des déplacements demeure les stratégies privilégiées surtout en cas de chocs climatiques avant le recours progressif à des stratégies de ventes ou alimentaires. L'analyse des stratégies montre des résultats différenciés suivant les catégories d'éleveurs avec les ménages pastoraux s'appuyant davantage sur la mobilité et l'adoption d'espèces animales plus résilientes (caprins et camelins) tandis que les agropasteurs présentent une propension plus importante d'adopter la diversification des sources de revenus.

La Conclusion Générale présente des remarques finales, des implications politiques, des limites de la recherche, et des pistes d'études futures.

## Références

- ALARY, V., ABOUL-NAGA, A., EL SHAFIE, M., ABDELKRIM, N., HAMDON, H. et METAWI, H. A. (2015). Roles of small ruminants in rural livelihood improvement—comparative analysis in egypt.
- ARAUJO-BONJEAN, C., NDIAYE, A. et SANTONI, O. (2019). A qui profite le retour des pluies ? le cas des éleveurs du ferlo. Etudes et documents n° 24,, CERDI.
- BEHNKE, R. (2010). The contribution of livestock to the economies of igad member states : study findings, application of the methodology in ethiopia and recommendations for further work. *IGAD LPI Working Paper 02–10*.
- BEHNKE, R. (2012). The economics of pastoral livestock production in sudan. *Medford, MA, USA : Feinstein International Center, Tufts University and United Nations Environment Programme*.
- BEHNKE, R. et OSMAN, H. M. (2013). The contribution of livestock to the economies of kenya, ethiopia, uganda and sudan. Rapport technique.
- BERHANU, W. et BEYENE, F. (2015). Climate variability and household adaptation strategies in southern ethiopia. *Sustainability*, 7(6):6353–6375.
- BIGNEBAT, C. et SAKHO-JIMBIRA, M. S. (2013). Migrations et diversification des activités économiques locales : étude du bassin arachidier du sénégal. *Mondes en développement*, n° 164(4):93.
- CANAGARAJAH, S., NEWMAN, C. et BHATTAMISHRA, R. (2001). Non-farm income, gender, and inequality : evidence from rural ghana and uganda. *Food Policy*, 26(4):405–420.
- CROLA, J.-D. (2019). Sahel : lutter contre les inégalités pour répondre aux défis du développement et de la sécurité. Rapport technique.
- de HAAN, C., éditeur (2016). *Prospects for Livestock-Based Livelihoods in Africa's Drylands*. The World Bank.
- de JANVRY, A., SADOULET, E. et ZHU, N. (2005). The role of non-farm incomes in reducing rural poverty and inequality in china. Rapport technique, University of California at Berkeley.
- DERCON, S., HODDINOTT, J. et WOLDEHANNA, T. (2005). Shocks and consumption in 15 ethiopian villages, 1999–2004. *Journal of African Economies*, 14(4):559–585.
- DUTEURTRE, G., CORNIAUX, C. et DE PALMAS, A. (2020). Lait, commerce et développement au sahel : impacts socioéconomiques et environnementaux de l'importation des mélanges mgv européens en afrique de l'ouest. Rapport technique.



- FAFCHAMPS, M., UDRY, C. et CZUKAS, K. (1998). Drought and saving in west africa : are livestock a buffer stock ? *Journal of Development Economics*, 55(2):273–305.
- GEBREEGZIABHER, Z., MEKONNEN, A., DERIBE, R., ABERA, S., KASSAHUN, M. M. *et al.* (2013). Crop-livestock inter-linkages and climate change implications for ethiopia’s agriculture : a ricardian approach. *Environment for Development Discussion Paper-Resources for the Future (RFF)*, (13-14).
- HENRY, B., CHARMLEY, E., ECKARD, R., GAUGHAN, J. B. et HEGARTY, R. (2012). Livestock production in a changing climate : adaptation and mitigation research in australia. *Crop and Pasture Science*, 63(3):191.
- HESSE, C., ANDERSON, S., COTULA, L., SKINNER, J. et TOULMIN, C. (2013). Managing the boom and bust : supporting climate resilient livelihoods in the sahel. *IIED Issue Paper. IIED, Londres*.
- IMF (2017). Tackling inequality. Rapport technique. Fiscal Monitor.
- KABUBO-MARIARA, J. (2009). Global warming and livestock husbandry in kenya : Impacts and adaptations. *Ecological Economics*, 68(7):1915–1924.
- KURUKULASURIYA, P. et AJWAD, M. I. (2006). Application of the ricardian technique to estimate the impact of climate change on smallholder farming in sri lanka. *Climatic Change*, 81(1):39–59.
- LITTLE, P. D., MCPeAK, J., BARRETT, C. B. et KRISTJANSON, P. (2008). Challenging orthodoxies : Understanding poverty in pastoral areas of east africa. *Development and Change*, 39(4):587–611.
- LOISON, S. A. et BIGNEBAT, C. (2017). Patterns and determinants of household income diversification in rural senegal and kenya. *Journal of Poverty Alleviation and International Development*, 8(1):93–126.
- MANOLI, C., ANCEY, V., CORNIAUX, C., ICKOWICZ, A., DEDIEU, B. et MOULIN, C. (2014). How do pastoral families combine livestock herds with other livelihood security means to survive ? the case of the ferlo area in senegal. *Pastoralism : Research, Policy and Practice*, 4(1):3.
- MBURU, S., OTTERBACH, S., SOUSA-POZA, A. et MUDE, A. (2017). Income and asset poverty among pastoralists in northern kenya. *The Journal of Development Studies*, pages 1–16.
- MCPeAK, J. (2004). Contrasting income shocks with asset shocks : livestock sales in northern kenya. *Oxford Economic Papers*, 56(2):263–284.
- MEHAR, M., MITTAL, S. et PRASAD, N. (2016). Farmers coping strategies for climate shock : Is it differentiated by gender ? *Journal of Rural Studies*, 44:123–131.

- MENDELSON, R., NORDHAUS, W. D. et SHAW, D. (1994). The impact of global warming on agriculture : a ricardian analysis. *The American economic review*, pages 753–771.
- MULDER, M. B. (1999). On pastoralism and inequality. *Current Anthropology*, 40(3):366–368.
- NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., RANIERI, M. et BERNABUCCI, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3):57–69.
- NGUYEN, T.-T., NGUYEN, T. T. et GROTE, U. (2020). Multiple shocks and households' choice of coping strategies in rural cambodia. *Ecological Economics*, 167:106442.
- NIANG, M. et MBAYE, M. (2013). Evolution des exportations de bétail malien au sénégal suite aux récentes crises. *Rapport final, Dakar/Sénégal*.
- NOUALA, S., PICA-CIAMARRA, U., OTTE, J. et N'GUETTA, A. (2011). Investing in livestock to drive economic growth in africa : Rationale and priorities. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 59(3):383–391.
- OCDE et FAO (2019). Perspectives agricoles 2019-2028. Rapport technique, Éditions OCDE.
- PIKETTY, T. (2013). *Le Capital au XXIe siècle*.
- POLLEY, H. W., BRISKE, D. D., MORGAN, J. A., WOLTER, K., BAILEY, D. W. et BROWN, J. R. (2013). Climate change and north american rangelands : Trends, projections, and implications. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5):493–511.
- RADENY, M., NKEDIANYE, D., KRISTJANSON, P. et HERRERO, M. (2007). Livelihood choices and returns among pastoralists : evidence from southern kenya. *Nomadic Peoples*, 11(2):31–55.
- REARDON, T. et TAYLOR, J. (1996). Agroclimatic shock, income inequality, and poverty : Evidence from burkina faso. *World Development*, 24(5):901–914.
- SALZMAN, P. C. (1999). Is inequality universal? *Current Anthropology*, 40(1):31–61.
- SEO, S. N., MCCARL, B. A. et MENDELSON, R. (2010). From beef cattle to sheep under global warming? an analysis of adaptation by livestock species choice in south america. *Ecological Economics*, 69(12):2486–2494.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2008). Animal husbandry in africa : climate change impacts and adaptations. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(311-2016-5520):65–82.
- STIGLITZ, J. E. (2012). *Le prix de l'inégalité*. Editions Les liens qui libèrent.

- SUTTER, J. W. (1987). Cattle and inequality : herd size differences and pastoral production among the fulani of northeastern senegal. *Africa*, 57(02):196–218.
- TOURÉ, I., ICKOWICZ, A., WANE, A., GARBA, I. et GERBER, P. (2012). Systeme d'information sur le pastoralisme au sahel. atlas des evolutions des systemes pastoraux au sahel 1970-2012. Rapport technique, FAO.
- TSEGAYE, D., VEDELD, P. et MOE, S. (2013). Pastoralists and livelihoods : A case study from northern afar, ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 91:138–146.
- WANE, A., ANCEY, V. et TOURÉ, I. (2010). Pastoralisme et recours aux marchés : Cas du sahel sénégalais (ferlo). *Agriculture*, 19(1):14–20.
- WANE, A., CESARO, J. D., DUTEURTRE, G., TOURÉ, I., NDIAYE, A., ALARY, V., JUANÈS, X., ICKOWICZ, A., FERRARI, S. et VELASCO, G. (2020). The economics of pastoralism in argentina, chad and mongolia. Rapport technique, Rome.
- WANE, A. et MBALLO, A. D. (2016). Evaluation des risques agricoles des sous-secteurs de l'élevage et de la pêche. Rapport technique, Platform for Agricultural Risk Management.
- WANE, A., TOURÉ, I. et ANCEY, V. (2009). Assets of the market, assets of the rural world : Pastoral market income distribution in the senegalese sahel (ferlo). *Journal of income distribution*, 18(3-4):232–248.
- WORLD BANK (2016). Poverty and shared prosperity 2016 : taking on inequality. Rapport technique.
- ZHU, N. et LUO, X. (2006). Nonfarm activity and rural income inequality : A case study of two provinces in china. Rapport technique, World Bank.

## **Première partie**

### **Analyse des inégalités de revenus**

# Chapitre 1

## Repenser les amplitudes et sources des inégalités de revenus dans les systèmes pastoraux sahéliens

### Résumé

En Afrique, peu de données sont disponibles pour évaluer les niveaux de revenus des ménages et leur répartition au sein de la population. Les rares dispositifs de suivi existants apparaissent mal adaptés au contexte agro-pastoral qui inclut la mobilité des familles et des niveaux élevés d'autoconsommation. Afin de mieux connaître l'économie pastorale au Sahel, une enquête ménages a été conduite sur cinq sites représentatifs de l'élevage pastoral au Sénégal entre 2013 et 2014. Les résultats montrent l'importance des inégalités entre ménages avec un indice de Gini évalué à 0,509 suivant les revenus globaux. Ces inégalités sont expliquées principalement par des disparités entre les sites et par des écarts de dotation en capital-bétail. L'autoconsommation joue un rôle important dans la consommation des ménages, et sa non prise en compte aboutit à des niveaux d'inégalités de revenus supérieurs, avec un indice de Gini de 0,531. En recourant à la décomposition de l'indice de Gini suivant les différentes sources de revenus par saison, nous montrons que les ventes de bétail en saison des pluies, en particulier les ventes de bovins, sont associées à un effet accroissant l'indice de Gini. Ces ventes sont donc celles qui traduisent le plus clairement les inégalités de revenus entre ménages. A contrario, les ventes des petits ruminants atténuent les inégalités entre ménages, ce qui indique que les moutons et des chèvres jouent un rôle important dans l'économie des ménages les moins bien dotés.

**Mots clés :** pastoralisme, revenus, inégalités, décomposition, Gini, Ferlo, Sénégal.

## 1.1 Introduction

La mesure des inégalités de revenus revêt des enjeux politiques et méthodologiques pour les sociétés contemporaines, quel que soit leur niveau de développement social et économique. Les relations entre inégalités, niveau de revenus et stade de développement d'un pays avaient largement été abordées dans les travaux précurseurs de Kuznets (1955) qui ont montré les effets de la réduction des inégalités dans le processus de croissance à long terme. Toutefois, la mesure des inégalités reste un défi majeur en raison des limites ou du déficit de données statistiques notamment dans les pays en développement (Piketty, 2013).

En Afrique, l'enjeu consiste à obtenir des informations fiables sur les revenus et leur distribution notamment en milieu rural. Cependant, l'élevage extensif, qui marque son empreinte en termes de surfaces utilisées au Sahel soit 1,230 millions de  $km^2$  (Touré *et al.*, 2012) et de contribution économique, a fait l'objet d'un nombre limité de travaux, comparativement au secteur des cultures. Les systèmes pastoraux et agro-pastoraux sahéliens ont connu une forte croissance ces 50 dernières années en termes de population animale, de taux d'activité, de soutien aux moyens de subsistance et de contribution globale à l'économie (de Haan, 2016; Richard *et al.*, 2019). Les études menées jusqu'ici soulignent l'importance de l'apport de l'élevage pastoral en termes de dotation de cheptel et de revenus pour les ménages les plus pauvres ayant peu accès au foncier agricole (Adams, 1996). L'élevage extensif est considéré comme une source de réduction de la pauvreté (Adams, 1996, 2002; Alary *et al.*, 2011). Sur un plan théorique, plusieurs études anthropologiques conduites sur les ménages pastoraux postulent une forme d'égalité dans les sociétés pastorales en s'appuyant sur le rôle du capital social particulièrement lors de la survenue de crises (Mulder, 1999; Salzman, 1999). D'autres études menées dans les zones pastorales sahéliennes ont mis en avant des différences de stratégies productives suivant les dotations en bétail et des inégalités de revenus en s'appuyant sur les recettes issues des ventes de produits pastoraux (Sutter, 1987; Wane *et al.*, 2009). Toutefois, très peu de recherches empiriques ont été menées dans la zone sahélienne pour comprendre la distribution des revenus en milieu pastoral avec un contexte marqué par une forte variabilité climatique et la récurrence des sécheresses. La persistance des inégalités parmi les éleveurs prend une ampleur plus importante dans des contextes caractérisés par la fragilité et une distribution asymétrique des ressources naturelles. Dans de tels contextes, les ménages pauvres sont particulièrement vulnérables aux chocs socio-économiques ou climatiques car ils disposent de peu de ressources pour mettre en place des stratégies d'adaptation. De fortes inégalités associées à la pauvreté persistante peuvent réduire la résilience des ménages pastoraux face à des crises climatiques ou des chocs socio-économiques. L'objectif principal de cette étude est d'analyser la contribution spécifique de chaque source de revenus pastoraux aux inégalités tout en prenant en compte la saisonnalité et les espèces animales. Nous supposons que dans le contexte sahélien caractérisé par un environnement incertain et le recours à diverses stratégies, l'élevage pastoral se caractérise par des relations

complexes impliquant différentes formes d'inégalités de revenus et de dotation en capital-bétail. Notre étude est basée sur des enquêtes réalisées entre 2013 et 2014 au Sénégal sur les revenus, les dotations de bétail et les caractéristiques de ménages pastoraux dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal (Ferlo). Premièrement, nous examinons les caractéristiques des ménages pastoraux et leurs principales sources de revenus. Deuxièmement, nous analysons la distribution des revenus en sous-groupes suivant les sites pastoraux. Troisièmement, nous mesurons les inégalités suivant les différentes sources de revenus et activités dans la zone. Cette étude recourt à la décomposition de l'indice de Gini en sources de revenus en distinguant la saisonnalité et les espèces animales.

## 1.2 Inégalités de revenus et pastoralisme : une revue de la littérature

Il existe relativement peu de travaux disponibles sur le rôle de la dotation en bétail et des stratégies productives mises en place par les éleveurs, dans l'émergence des inégalités de revenus au sein des sociétés pastorales africaines (Mulder *et al.*, 2010; Salzman, 1999).

L'une des premières études sur les inégalités en milieu pastoral a été menée par Sutter (1987) qui a étudié les liens entre la dotation de bétail et des variables relatives aux stratégies de production dans la zone pastorale située au Nord Est du Sénégal. Il a mis en exergue les différences significatives de richesse entre les ménages qui ont des répercussions sur la contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire, la structure de revenus et de dépenses des ménages ainsi que le type d'animaux commercialisés. Les petits éleveurs se caractérisent par une faible production laitière, des revenus en provenance d'autres activités, une stratégie de commercialisation répondant à des besoins de consommation urgents et une importante partie du revenu consacrée aux dépenses courantes. Les ménages riches, mieux dotés en bovins, disposent de plus de lait qu'ils peuvent commercialiser ou consommer, une meilleure stratégie de commercialisation du bétail pour profiter des meilleurs prix et davantage d'investissement dans le renforcement du capital bétail. Dans la même lignée et sur les mêmes zones pastorales du Sénégal, Wane *et al.* (2009) ont mené une étude pour analyser la répartition des revenus en milieu pastoral en se basant sur le calcul de l'indice de Gini. Les résultats montrent un indice de Gini global de l'ordre de 0,528.

Mulder *et al.* (2010) ont analysé la nature, la répartition et la transmission intergénérationnelle de la richesse dans les sociétés pastorales. Pour cela, ils considèrent les populations pastorales issues de l'Afrique de l'ouest, de l'Afrique de l'est et du sud-ouest asiatique. L'étude procède à une distinction de classes de richesse : richesse matérielle, richesse relationnelle et une richesse relative à la connaissance du milieu. Il ressort de l'analyse des classes de richesse que la richesse matérielle découlant de la taille du troupeau est largement prédominante dans l'évaluation des inégalités de revenus suivie de la détention de savoirs locaux et du capital social. En ce sens, dans une étude en milieu rural au Mali, Alary *et al.* (2011) mettent en exergue l'importance d'adopter

une approche intégrée prenant en compte à la fois l'estimation des revenus et la valorisation des actifs tant matériels que sociaux.

En Afrique de l'est, dans une étude menée dans des zones pastorales et agropastorales au Kenya et en Ethiopie, Little *et al.* (2008) ont montré que près de 70% des ménages enquêtés disposent d'un ratio UBT par individu en dessous de 4,5 qui est un seuil critique en matière d'estimation de la pauvreté. Dans les mêmes zones, Little et McPeak (2014) ont mis en exergue des inégalités importantes dans la détention de bétail avec un indice de Gini de 0,64. De même, Little *et al.* (2014) ont montré que 10% des propriétaires de troupeau les plus riches contrôlent environ 46% du cheptel total alors que les 20% les plus pauvres en contrôlent moins de 3%. Cette différenciation de niveau de richesse entre les éleveurs pauvres, moyens et riches se traduit par un accès différencié des marchés de bétail avec des marchés locaux plus ouverts aux éleveurs pauvres et moyens et des marchés urbains comme Nairobi et Addis Abeba plus exigeants en termes de qualité et favorables aux grands éleveurs. Les mêmes tendances ont été observées dans une étude menée au sud du Kenya et au nord de la Tanzanie dans laquelle il apparaît que 20 à 25% des ménages les plus riches détiennent de 45 à 66% du cheptel (Homewood *et al.*, 2009).

Dans d'autres contextes, Adams (1996) a utilisé des techniques de décomposition pour démontrer la contribution de l'élevage à la réduction des inégalités de revenus dans les zones rurales au Pakistan et sa faible participation dans la génération des inégalités contrairement à l'agriculture. Cette étude se distingue aussi par la décomposition des inégalités de revenus issus de l'élevage suivant le type d'animal. Il apparaît que les revenus issus des animaux mâles génèrent plus d'inégalités que ceux issus d'animaux femelles. Plus tard, dans une étude en milieu rural en Égypte, Adams (2002) a abouti à des résultats presque similaires avec une contribution moindre de l'élevage et des activités non agricoles dans la génération des inégalités de revenus contrairement à l'activité agricole.

## 1.3 Présentation des sites de l'étude et des données

### 1.3.1 Sites de l'étude

Notre étude s'intéresse aux populations pastorales de la zone agro-sylvo-pastorale du nord-est du Sénégal. Cette zone communément dénommée Ferlo, s'étend principalement sur les régions de Saint Louis, Louga et Matam couvrant une superficie d'environ 67 610 km<sup>2</sup> soit environ un tiers du territoire national (Touré *et al.*, 2003). Cette vaste zone connaît des précipitations sur une période de 3 à 4 mois, avec une pluviométrie moyenne allant de moins de 300 mm à l'extrême nord à plus de 500 mm dans le sud du Ferlo (Figure 1.1).

Les cinq sites de l'étude ont été choisis suivant deux approches. Dans un premier temps, il s'agissait de choisir des sites suivant un transect nord-sud en prenant en compte la diversité



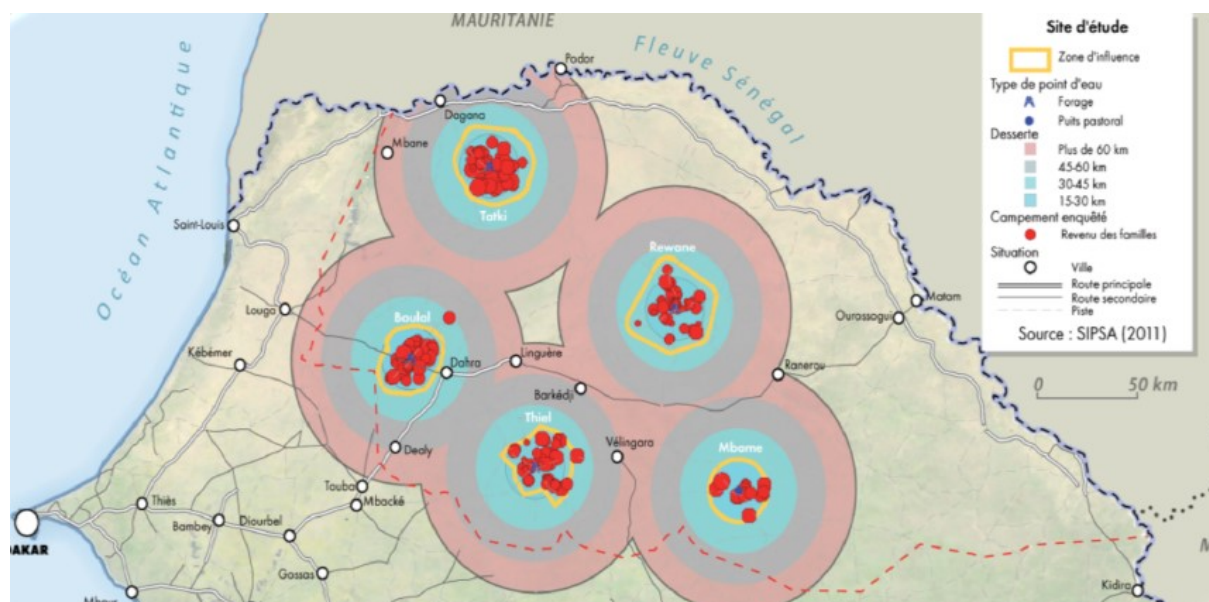


FIGURE 1.1 – Localisation des sites d'étude de la zone pastorale au Sénégal

agro-écologique de l'élevage pastoral au Sénégal : le Ferlo sableux au nord (Tatki), le Ferlo sablo-argileux au sud (Thiel) et le Ferlo latérique à l'est (Rewane). Dans un second temps, il s'agissait de considérer d'autres sites en se basant sur des critères économiques et de politiques publiques à travers Boulal et Mbame. (Tableau 1.1).

TABLEAU 1.1 – Sites de l'étude

Sites	Régions	Départements	Systèmes de production	Pluviosité moyenne entre 1990-2014 (mm) <sup>1</sup>	Niveau d'accès au marché et infrastructures de base <sup>2</sup>
Boulal	Louga	Linguère	Agropastoral	432	Elevé
Mbame	Matam	Ranérou	Agropastoral	565	Faible
Rewane	Saint-Louis	Podor	Pastoral	372	Moyen
Tatki	Saint-Louis	Dagana	Pastoral	283	Moyen
Thiel	Louga	Linguère	Agropastoral	554	Elevé

1. Moyenne pluviométrique sur la période 1990 - 2014 basée sur des données satellitaires et issues de stations météorologiques locales (Source : base CHIRPS - Université de Californie Santa Barbara)

2. Critères établis suivant les dotations en infrastructures et la proximité de Dahra : principal marché de regroupement du bétail du pays (élevé : moins de 50 km de Dahra, dotations en école primaire, infrastructures laitières, forages et marchés de bétail ; moyen : 100 - 120 km de Dahra, dotations en forages et marchés de bétail ; faible : plus de 150 km de Dahra, absence de forages et présence de marchés locaux de bétail)

## Boulal

Pour tenir compte des dynamiques économiques, il était important d'inclure un site situé à proximité de la ville de Dahra qui concentre le plus grand marché de regroupement de bétail de la zone pastorale. Le site de Boulal, situé à environ 20 km à l'ouest de Dahra, présente des avantages pour bénéficier des effets de la proximité d'un grand marché. Ce site dispose d'un forage et d'un accès à des infrastructures de collecte et de transformation du lait. De plus, la proximité de la route nationale permet un meilleur écoulement des produits et l'accès à des intrants (aliments de bétail).

**Mbame**

L'analyse des dynamiques pastorales passait aussi par la prise en compte de zones où les empreintes de politiques publiques sont faibles à travers un déficit en infrastructures économiques et sociales de base. Le site de Mbame, situé dans le Sud-Est du Ferlo, correspondait à ces critères et se trouve organisé autour de puits privatifs en l'absence de forage. Situé dans la région de Matam, le site de Mbame se trouve à environ 130 km de la ville de Matam et plus de 170 km de Dahra.

**Rewane**

Le site de Rewane se trouve à l'est de la zone pastorale dans le département de Podor (région de Saint-Louis). Le site de Rewane se situe à 65 km de Podor, environ 80 km de Linguère et 119 km de Dahra. Les principaux marchés de bétail sont situés à Ndiayène-Peulh et Rewane. Les points d'eau disponibles sont constitués de deux forages, de marres ainsi que de puits. Ce site présente des infrastructures basiques avec un poste de santé, une école primaire et des services vétérinaires.

**Tatki**

Situé dans la région de Saint-Louis et le département de Podor, le site de Tatki se situe à la frontière nord du Ferlo. Il se caractérise notamment par une pluviométrie moyenne généralement inférieure à 300 mm. Les principaux points d'eau disponibles sont le forage et des marres peu durables compte tenu de la faiblesse des précipitations. L'élevage constitue la principale activité économique dans la zone et les principaux marchés sont localisés au niveau de Tatki, Niassanté, Widou et Ganinaley. Ce site dispose d'infrastructures basiques avec un modeste service sanitaire, un marché hebdomadaire et une école primaire. Le site de Tatki est aussi modérément éloigné des principaux centres urbains de la région de Saint-Louis puisqu'il se situe à environ 40 km de Dagana (route nationale et vallée du fleuve Sénégal), 51 km de Richard Toll et 61 km de Podor.

**Thiel**

Situé plus au sud de la zone sylvo-pastorale et à proximité du bassin arachidier (zone agricole), le site de Thiel se caractérise par une cohabitation entre pasteurs et agriculteurs. La plupart des éleveurs interrogés se sont installés à Thiel depuis 1975 au lendemain de la sécheresse des années 1970. Ce site dispose d'infrastructures basiques mais en meilleur état en comparaison d'autres sites comme Rewane et Tatki. Le marché se tient deux fois par semaine : un dédié aux petits ruminants et produits agricoles, et un autre axé sur les bovins. De plus, Thiel bénéficie de la proximité du marché de Dahra (situé à environ 40 km).

**1.3.2 Données**

Des données primaires ont été collectées lors d'une enquête sur les revenus des ménages pastoraux du Ferlo conduite par le Pôle Pastoralisme et Zones Sèches (PPZS). À partir d'un questionnaire fermé, cette enquête conduite en 2015, et ayant comme répondants les chefs de

campements a consisté à les interroger sur une période allant de la fin de l'hivernage 2013 et celui de 2014. L'objectif était de cibler les mêmes campements enquêtés en 2004-2005 (Wane *et al.*, 2010) pour analyser la dynamique des inégalités de revenus. Les enquêtes ont été menées dans des campements au sein desquels les principaux répondants étaient les chefs de campements. La distinction entre campement et ménage découle du fait que la famille pastorale est constituée d'un ensemble de ménages, unités de consommation, vivant dans des campements qui sont des unités de production et de gestion (Wane *et al.*, 2010). Après traitement des informations collectées, l'étude a porté sur un échantillon exploitable de 235 campements dont 53 à Thiel, 69 à Boulal, 23 à Mbame, 39 à Rewane et 51 à Tatki (Tableau 1.2).

Les campements d'éleveurs, ensemble d'un ou de plusieurs ménages, sont en moyenne constitués de 23 individus avec des densités moyennes plus élevées à Tatki (29) et à Thiel (26) comparativement à Boulal (16). Le cheptel constitue le principal élément de patrimoine des communautés pastorales et se trouve essentiellement composé de bovins, d'ovins et de caprins. Les effectifs animaux moyens par campement sont de l'ordre de 62 bovins, 157 ovins et 48 caprins par campement, ce qui correspond à une moyenne de 3 UBT<sup>1</sup> par individu.

TABLEAU 1.2 – Caractéristiques des campements en 2013-2014

	Boulal	Mbame	Rewane	Tatki	Thiel	Zone d'étude
Campements	69	23	39	49	55	235
Moyenne d'individus	16	22	22	29	26	23
<i>Composition du troupeau par campement</i>						
Nombre de bovins	41,6	65,3	42,2	117,9	49,9	61,9
Nombre d'ovins	87,8	118,6	124,9	317,7	138,8	156,8
Nombre de caprins	26,3	32,4	61,2	67,7	55,6	48,1
UBT par individu	3,0	2,8	2,3	4,0	2,7	3,0

Parallèlement aux enquêtes quantitatives conduites en 2013-2014, des focus group discussions ont été organisés entre juin et juillet 2017 sur les sites de Tatki, Rewane et Thiel pour mieux cerner certains processus et les stratégies des pasteurs dans un environnement changeant.

1. L'Unité de Bétail Tropical (UBT) est une mesure standard des besoins énergétiques des systèmes animaux. La conversion consiste à considérer 1 UBT par camelin, 0.73 UBT par bovin et 0.12 UBT par petit ruminant

## 1.4 Méthodologie

### 1.4.1 Détermination des revenus des ménages pastoraux

Les ménages pastoraux tirent leurs revenus de cinq principales sources : i) les ventes d'animaux sur pieds, des produits laitiers ou encore des cuirs et peaux, ii) les ventes de cultures et de produits de cueillette, iii) les revenus de services notamment à travers le salariat (berger, ouvrier agricole, intermédiaire, enseignement coranique, . . .), le convoyage, le puisage d'eau, l'alphabétisation, iv) les transferts en provenance des États, des projets de développement ou de migrants), et v) l'autoconsommation de produits d'élevage et agricoles. Dans le cadre de cette étude, l'accent est mis sur les revenus des ménages pastoraux et des produits d'élevage.

Les ventes de produits animaux ont été saisonnalisées et des prix médians ont été utilisés par zone afin de réduire les écarts de prix découlant d'enquêtes basées sur du déclaratif.

Les revenus ont été calculés en déduisant les charges ou coûts directs de production) des produits commercialisés. Les coûts de production étaient relatifs aux achats d'aliments de bétail et d'eau, aux dépenses de prestations (bergers salariés, intermédiaires, vétérinaires, . . .) ou de santé animale. Par la suite, nous avons obtenu le revenu global en agrégeant ces revenus découlant de l'élevage aux revenus issus de l'agriculture, des services, des transferts, et de l'autoconsommation.

### 1.4.2 Evaluation des inégalités de revenus

Les inégalités de revenus sont couramment mesurées à travers l'indice de Gini. Elaboré depuis 1921, cet indice est dérivé de la courbe de Lorenz (1905) qui représente la distribution de revenu d'une population donnée en partant des plus pauvres aux plus riches. L'indice de Gini  $G$ , varie de 0 (égalité parfaite) à 1 (inégalité extrême) et mesure ainsi l'intensité des inégalités à l'intérieur d'une population donnée. L'un des principaux avantages de l'indice de Gini découle de sa simplicité d'interprétation résultant notamment de sa détermination à partir de la courbe de Lorenz. De plus, cet indicateur permet d'aboutir à des comparaisons entre des distributions de revenus de taille différente (Mussard et Terraza, 2009).

Parallèlement à l'indice de Gini, nous avons distingué les indices de Theil et les ratios de quantile qui correspondent au rapport entre le revenu moyen de  $x\%$  des ménages les plus riches et le revenu moyen de  $x\%$  des ménages les plus pauvres. On distingue le ratio de quartile et le ratio de décile. Par la suite, l'analyse des inégalités de revenus est effectuée en s'appuyant sur les techniques de décomposition en sous-groupes et par sources de revenus de l'indice de Gini.

### Décomposition en sous-groupes

La décomposition en sous-groupes a été la principale technique utilisée pour mesurer l'impact de différentes catégories d'individus (localisation, niveau d'éducation ou genre) sur les inégalités de revenus (Bourguignon, 1979; Cowell, 1980; Shorrocks, 1980). Dans cette étude, la décomposition des inégalités en sous-groupes a été effectuée pour analyser la structure et l'intensité des inégalités suivant les sites pastoraux.

La décomposition des inégalités en sous-groupes s'est longtemps appuyée sur des indicateurs découlant de l'entropie généralisée (indices de Theil) ou encore sur l'indice d'Atkinson (Atkinson, 1970). Ces indices présentent une décomposition en deux éléments découlant de la propriété de décomposition cohérente en sous-groupes (Shorrocks, 1980) avec une composante intragroupe et une autre intergroupe. Toutefois, la décomposition des inégalités par le recours aux indices de Theil ou d'Atkinson peut conduire à des estimations biaisées notamment au niveau des inégalités intergroupes (Dagum, 1997; Mornet *et al.*, 2014; Terraza *et al.*, 2005). L'indice de Gini présente l'intérêt d'une analyse plus détaillée de la structure des inégalités notamment intergroupes par la mise en évidence d'une composante dénommée intensité de transvariation. Il s'agit de la contribution à l'inégalité totale des inégalités générées par des écarts entre les hauts revenus des sous-populations relativement plus pauvres avec les faibles revenus des groupes les plus riches (Mussard et Terraza, 2009).

Dagum (1997) aboutit à la décomposition de l'indice de Gini en trois éléments :

$$\begin{aligned} G &= G_w + G_{gb} \text{ avec } G_{gb} = G_{nb} + G_t \\ G &= G_w + G_{nb} + G_t \end{aligned} \tag{1.1}$$

Avec :

$G_w$  : contribution des inégalités à l'intérieur des sous-populations

$G_{gb}$  : contribution brute des inégalités intergroupes

$G_{nb}$  : contribution nette des inégalités entre les sous-populations

et  $G_t$  : contribution des inégalités liées au chevauchement entre les distributions des différents sous-groupes.

### Décomposition par sources de revenus

Une autre approche de la décomposition des inégalités a trait à la décomposition par source de revenus pour examiner la contribution spécifique de chaque activité. Les travaux de Shorrocks (1982) ont permis de mettre en évidence la possibilité de décomposer l'indice de Gini suivant les sources de revenus. Par la suite, Lerman et Yitzhaki (1985) ont montré que l'indice de Gini

$G$  correspondant au revenu global peut être exprimé tel que :

$$G = \sum_{k=1}^K R_k G_k S_k \quad (1.2)$$

où  $G$  représente le coefficient de Gini,  $S_k$  représente la part de la source de revenu  $k$  dans le revenu global,  $G_k$  est le coefficient de Gini de la source de revenu  $k$ , et  $R_k$  est le coefficient de corrélation entre l'indice de Gini du revenu provenant de l'activité  $k$  et le revenu global  $Y$ . La contribution de la source de revenu  $k$  à l'inégalité totale est obtenue par :

$$\frac{R_k G_k S_k}{G} \quad (1.3)$$

En s'appuyant sur la décomposition de Gini proposée par Lerman et Yitzhaki (1985), nous avons également estimé les effets des changements d'une source de revenu particulière sur les inégalités, en considérant les autres revenus constants. Soit  $e_k$  le pourcentage de changement du revenu de la source  $k$ . Selon Stark *et al.* (1986) et López-Feldman (2006), l'effet marginal de la source de revenu par rapport à l'inégalité est donnée par :

$$\frac{\frac{\partial G}{\partial e_k}}{G} = \frac{R_k G_k S_k}{G} - S_k \quad (1.4)$$

où  $G$  désigne le coefficient de Gini de l'inégalité totale avant la modification des revenus. La variation en pourcentage de l'inégalité résultant d'une faible variation en pourcentage du revenu provenant de la source  $k$  est égale à la part initiale de la source de revenu dans l'inégalité moins la part initiale dans le revenu total.

## 1.5 Structure des revenus des éleveurs

Le Tableau 1.3 montre que les ventes d'animaux contribuent à hauteur de 80,5% des revenus globaux. Cette contribution varie saisonnièrement avec une part plus importante en saison sèche (45,4%) qu'en hivernage (35,1%) découlant de la durée plus longue de la saison sèche ainsi que des besoins en cette période en matière d'alimentation. La contribution des ventes de produits laitiers varie également selon les saisons avec une part d'environ 1% au revenu en saison sèche contre 3,3% en hivernage. Les produits laitiers sont essentiellement autoconsommés et jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire des ménages particulièrement en saison sèche. Les sites de Boulal et Thiel concentrent les ventes de produits laitiers les plus importantes avec des contributions respectives de 8,1% et 6% de leurs revenus surtout en hivernage. Ces deux sites bénéficient de l'effet de la route nationale qui traverse le village et permet de mieux valoriser les produits laitiers auprès d'acheteurs de passage.

TABLEAU 1.3 – Sources de revenus par site en 2013-2014 (%)

	Boulal	Mbame	Rewane	Tatki	Thiel	Zone d'étude
Ventes d'animaux en saison sèche	48,2	53	38,8	48,3	40,4	45,4
Ventes d'animaux en hivernage	32	33,5	52,4	33,1	23,8	35,1
Ventes de produits laitiers en saison sèche	1,5	0	0	1,9	1	1
Ventes de produits laitiers en hivernage	6,8	1,5	0	2,9	5,3	3,3
Autoconsommation en saison sèche	6,4	6,3	4,1	6,9	17,1	8,1
Autoconsommation en hivernage	5,2	5,7	4,7	7	12,5	7,1
Revenu monétaire par campement (milliers Francs CFA)	2 208	4 197	4 433	4 915	2 296	3 357
Revenu global par campement (milliers Francs CFA)	2 497	4 768	4 856	5 704	3 259	3 958

## 1.6 Inégalités de revenus et décomposition de l'indice de Gini

Globalement, les courbes de Lorenz mettent en évidence des indices de Gini de 0,509 pour les revenus globaux, de 0,531 pour les revenus monétaires et de 0,571 pour la dotation en cheptel. Ces indices de Gini apparaissent particulièrement élevés par rapport aux indices généralement calculé pour l'ensemble de la population du Sénégal (autour de 0,4). L'indice de Gini des revenus globaux est plus faible que celui des revenus monétaires. Cela traduit, à première vue, un impact positif de l'autoconsommation dans la distribution des revenus en milieu pastoral. La répartition du cheptel présente l'indice d'inégalités le plus important témoignant des disparités dans la dotation de bétail entre les d'éleveurs. La situation générale témoigne de l'existence de fortes inégalités de revenus et de dotation en cheptel entre les différents sites et catégories d'éleveurs. (Figure 1.1)

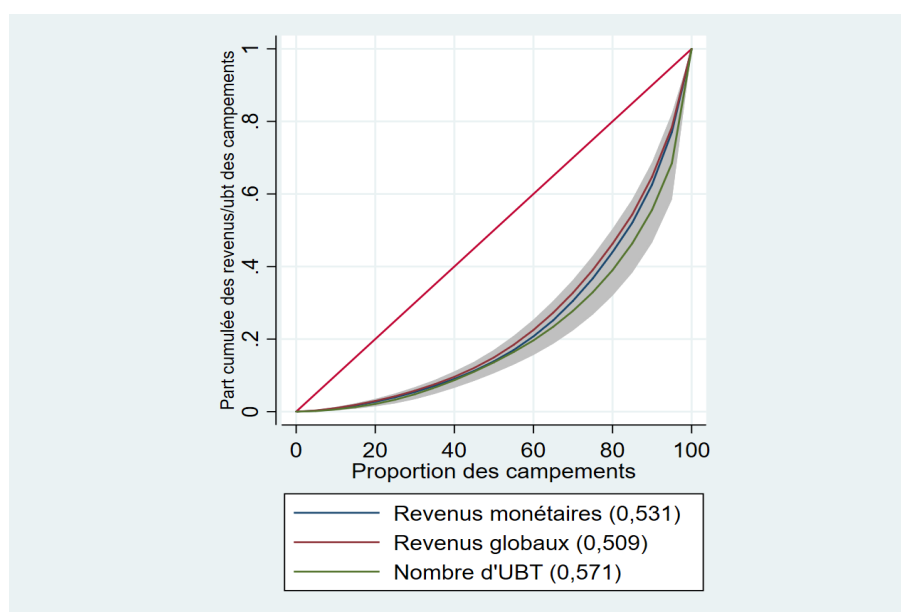


FIGURE 1.2 – Courbes de Lorenz de la distribution des revenus et de la dotation de bétail

### 1.6.1 Décomposition des inégalités par site

Le Tableau 1.4 présente les indices de Gini calculés pour chaque site, ainsi que d'autres indices d'inégalités basés sur l'entropie. Ces différents indices confirment l'importance des inégalités de revenus et de dotation d'actifs très importantes en milieu pastoral, avec des inégalités en revenus monétaires et en dotation en bétail plus importantes que les inégalités de revenus globaux.

Le site de Mbame, constituant un des sites les moins dotés en infrastructures pastorales, présente l'indice de Gini pour les revenus globaux le plus élevé (0,540). A Mbame, Rewane et Tatki, sites situés au cœur de la zone sylvo-pastorale, les indices de Gini basés sur le nombre d'UBT par campement sont les plus élevés montrant ainsi les importantes disparités dans les dotations en bétail. L'examen de ces inégalités grâce à 2 indices d'entropie généralisée confirme ces disparités entre sites.

TABLEAU 1.4 – Indices d'inégalités dans les différents sites d'étude

		Boulal	Mbame	Rewane	Tatki	Thiel	Zone d'étude
Gini	Revenus monétaires <sup>1</sup>	0,454	0,553	0,504	0,498	0,493	0,531
	Revenus globaux <sup>2</sup>	0,437	0,540	0,498	0,483	0,454	0,509
	UBT/campement <sup>3</sup>	0,451	0,545	0,586	0,593	0,480	0,571
Theil GE(0)	Revenus monétaires	0,373	0,563	0,541	0,697	0,455	0,568
	Revenus globaux	0,339	0,542	0,532	0,609	0,393	0,512
	UBT/campement	0,364	0,650	0,711	0,701	0,512	0,648
Theil GE(1)	Revenus monétaires	0,351	0,532	0,424	0,433	0,411	0,484
	Revenus globaux	0,321	0,501	0,413	0,410	0,341	0,441
	UBT/campement	0,363	0,510	0,616	0,720	0,387	0,659

1. 1ère ligne : Indices basés sur les revenus monétaires 2. 2ème ligne : Indices basés sur les revenus globaux 3. 3ème ligne : Indices basés sur le nombre d'UBT/campement

L'analyse de la structure des inégalités suivant les sites pastoraux montre que pour les revenus globaux, les inégalités à l'intérieur des sites constituent 19,2% des inégalités totales (Tableau 1.5). Toutefois, les inégalités brutes qui permettent de fournir des informations sur les différences de revenus entre les sites à travers deux composantes que sont les inégalités nettes et l'intensité de transvariation, contribuent le plus dans la formation des inégalités totales à hauteur de 80,8%. Les inégalités brutes entre les sites. Les inégalités nettes entre les sites représentent 34,3% des inégalités totales et renvoient aux différences de caractéristiques entre les sites. L'intensité de transvariation, qui est de l'ordre de 46,5%, renvoie au fait que certains campements d'éleveurs issus de sites parmi les plus pauvres ont des revenus plus élevés que d'autres campements relevant de sites avec des revenus de la tranche supérieure. L'intensité de transvariation reflète les inégalités générées par les hauts revenus dans les sites les plus pauvres.

La décomposition de l'indice de Gini en sous-groupes permet de mettre en évidence les disparités entre les sites. Les inégalités totales s'expliquent autant par des inégalités intersites que par des inégalités intrasites. Cela met notamment l'accent sur l'importance des caractéristiques des sites et du capital naturel qu'est le bétail.



TABLEAU 1.5 – Décomposition de l'indice de Gini suivant les sites

Mesures	Revenus monétaires	Revenus globaux	Nombre d'UBT
Gini total (G)	0,531	0,509	0,571
$G_w$	0,101 (19,03)	0,09 (19,20)	0,113 (19,83)
$G_{nb}$	0,185 (34,89)	0,175 (34,32)	0,226 (39,62)
$G_t$	0,245 (46,07)	0,236 (46,47)	0,232 (40,55)
$G_{gb} = G_{nb} + G_t$	0,447 (80,96)	0,447 (80,79)	0,447 (80,17)

### 1.6.2 Décomposition des inégalités par sources de revenus

La décomposition des inégalités par sources de revenus permet d'évaluer la contribution spécifique de chaque source de revenus dans la génération des inégalités.

#### Décomposition de l'indice de Gini suivant la saisonnalité

La décomposition de l'indice de Gini est effectuée suivant les différentes sources de revenus tout en tenant compte de la saisonnalité notamment pour la vente de bétail, la vente des produits laitiers et l'autoconsommation (Tableau 1.6). Les revenus issus des ventes de bétail procurent la plus grosse part des revenus des pasteurs. Au total, les ventes de bétail en saison sèche contribuent pour 45,4% des revenus totaux, et les ventes de bétail en hivernage pour 35,1%. La faible part des ventes de produits laitiers (4,1%) montre l'arbitrage en faveur de l'autoconsommation qui contribue à la sécurité alimentaire des éleveurs. Les ventes de produits laitiers sont particulièrement faibles en saison sèches. Les ventes de bétail contribuent fortement aux inégalités de revenus entre campements, avec une contribution de 44,3% des ventes de bétail en saison sèche aux inégalités, et de 37,2% pour les ventes de bétail en hivernage. L'effet marginal des ventes de bétail en saison sèche sur l'augmentation des inégalités est non significatif. Mais l'effet marginal des ventes de bétail en hivernage sur l'augmentation de l'indice de Gini est positif et significatif (0,210). En effet, une augmentation de 10% des revenus issus des ventes de bétail en hivernage est associée à une hausse de l'indice de Gini de 0,21%, toutes choses égales par ailleurs. L'importance des ventes de bétail en hivernage dans les inégalités est aussi mise en évidence par la valeur de l'indice de Gini associé aux sources de revenus. Le coefficient associé aux ventes de bétail en saison sèche est comparativement plus faible à celui des ventes en hivernage (respectivement 0,554 et 0,613), traduisant une distribution des ventes d'animaux en saison sèche moins inégalitaire qu'en hivernage. Le rôle prépondérant des ventes de bétail en hivernage dans la génération des inégalités (comparativement aux ventes en saison sèche) peut

s'expliquer par la faible importance des ventes de petits ruminants en hivernage. En effet, les ventes de petits ruminants contribuent pour une grande part à la génération des revenus pour les ménages pastoraux les plus pauvres. Or, les « petits éleveurs » sont amenés à commercialiser les petits ruminants en priorité pendant la saison sèche qui généralement dure 8 mois, pour satisfaire des dépenses de consommation courantes ou pour l'achat d'aliments de bétail pour les bovins. De plus, les petits ruminants font l'objet d'une large commercialisation durant la fête de Aïd al-Adha (communément appelée Tabaski en Afrique de l'Ouest), moment propice aux sacrifices de moutons. Les revenus des ventes de bétail en hivernage sont générés sur une courte période (environ 4 mois) comparativement à la saison sèche. Les éleveurs peuvent bénéficier de meilleurs prix et profiter de meilleures opportunités de marché à cette saison, mais elles sont plus difficiles à réaliser en raison des mouvements saisonniers. Les ventes de produits laitiers en saison sèche sont considérées comme étant source d'accroissement des inégalités. Une hausse de 10% des revenus provenant des ventes de produits laitiers en saison sèche entraînera une hausse de l'indice de Gini de 0,04%. Les ventes de produits laitiers en saison sèche sont surtout le fait des catégories d'éleveurs disposant de plus de bovins avec une production laitière permettant la vente d'une partie, même si l'autoconsommation reste importante. L'effet marginal des ventes de produits laitiers en hivernage est non significatif. L'autoconsommation en hivernage est associée à un effet marginal significatif et décroissant sur les inégalités de revenus particulièrement en hivernage. Durant cette période, la production laitière est plus importante et est fortement auto-consommée par les ménages pastoraux les plus pauvres. De plus, les prix des produits laitiers proposés au niveau du marché sont plus bas, permettant d'engendrer moins d'écart en termes de revenus pendant cette période qui se révèle plus propice à l'autoconsommation.

TABLEAU 1.6 – Décomposition de l'indice de Gini en source de revenu et par saison

Sources de revenus	Part dans le revenu total en % ( $S_k$ )	Indice de Gini ( $G_k$ )	Corrélation Gini ( $R_k$ )	Part dans l'inégalité total en % ( $\frac{S_k G_k R_k}{G}$ )	$\frac{\%}{\%}$ changement dans le gini d'une hausse de 10% d'une source de revenu
Ventes bétail en saison sèche	45,4	0,554	0,926	44,31	-0,105
Produits laitiers en saison sèche	1	0,958	0,776	1,48	0,043**
Autoconsommation en saison sèche	8,1	0,729	0,738	8,29	0,019
Ventes bétail en hivernage	35,1	0,613	0,908	37,21	0,210**
Produits laitiers en hivernage	3,3	0,874	0,620	3,40	-0,010
Autoconsommation en hivernage	7,1	0,560	0,702	5,30	-0,178***
Total	100	0,531		100	

Notes : Technique de Bootstrap pour obtenir la significativité des coefficients. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

### Décomposition de l'indice de Gini selon les espèces animales et le sex-ratio

La décomposition de l'indice de Gini en fonction des revenus découlant de chaque espèce animale ainsi que du sexe des animaux vendus montre que les ventes des bovins mâles sont prédominantes, et constituent 31,2% des revenus issus de la vente des animaux sur-pied. Les ventes des bovins femelles sont elles aussi importantes et comptent pour 27% des revenus issus des ventes animales. Ces résultats soulignent l'importance de la commercialisation des bovins femelles, et vont à l'encontre de la vision des pasteurs déstockant surtout les animaux mâles. La part des ovins mâles dans la génération des revenus des ventes animales (19,9%) est comparativement plus importante que celle des ovins femelles (12,3%) du fait de l'effet de la Tabaski qui nécessite prioritairement le sacrifice d'un ovin mâle. L'effet marginal des revenus des bovins mâles ou femelles sur les inégalités est significativement positif. Ainsi, une augmentation de 10% des revenus issus des ventes des bovins mâles ou femelles est associée à une hausse de l'indice de Gini respective de l'ordre de 0,42% et 0,27%, toutes choses égales par ailleurs. En revanche, l'effet marginal des revenus provenant de la vente d'ovins sur les inégalités est décroissant et significatif. Dans le cas des ovins mâles, une augmentation de 10% des revenus issus de leurs ventes entraîne une diminution de l'indice de Gini d'environ 0,32%, toutes choses égales par ailleurs. L'effet marginal est de 0,18% pour les ovins femelles. Les mêmes tendances sont observées pour les caprins avec un impact marginal négatif et significatif sur l'indice de Gini mais de manière moins importante.

TABLEAU 1.7 – Décomposition de l'indice de Gini en espèces animales vendues

Sources de revenus	Part dans le revenu total en % ( $S_k$ )	Indice de Gini ( $G_k$ )	Corrélation Gini ( $R_k$ )	Part dans l'inégalité total en % ( $\frac{S_k G_k R_k}{G}$ )	% changement dans le gini d'une hausse de 10% d'une source de revenu
Bovins mâles	31,2	0,664	0,933	35,47	0,422***
Bovins femelles	27	0,671	0,896	29,69	0,273***
Ovins mâles	19,9	0,568	0,808	16,78	-0,316***
Ovins femelles	12,3	0,566	0,818	10,40	-0,186***
Caprins mâles	4,9	0,615	0,732	4,02	-0,085***
Caprins femelles	4,7	0,616	0,682	3,64	-0,109***
Total	100	0,546		100	

Notes : Technique de Bootstrap pour obtenir la significativité des coefficients. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

La décomposition de l'indice de Gini par sources de revenus met en exergue des effets différenciés des ventes suivant leur saisonnalité, les espèces commercialisées et le sexe des animaux vendus. Les ventes de bétail en hivernage sont notamment associées à un accroissement des inégalités (en particulier la commercialisation des bovins). Quant aux ventes de petits ruminants (ovins et

caprins), elles sont associées à une réduction des inégalités et jouent un rôle important dans la génération de revenus pour les « Petits éleveurs », surtout en saison sèche.

## 1.7 Discussion

### Effets différenciés suivant la saisonnalité et le type d'animal

Les résultats de notre étude sur la distribution des revenus en milieu pastoral au Sénégal mettent en évidence des disparités suivant les sites pastoraux et les catégories d'éleveurs. La distribution des revenus globaux (incluant l'autoconsommation) est particulièrement inégalitaire (indice de Gini de 0,509) et celle des revenus monétaires l'est encore plus (indice de Gini de 0,531). Cela traduit du rôle potentiellement important de l'autoconsommation dans la sécurité alimentaire des ménages mais aussi dans l'atténuation des inégalités. Ces résultats sont très proches de ceux de Wane *et al.* (2009) à partir d'une enquête conduite sur les mêmes sites pastoraux entre 2004 et 2005, et qui aboutissait à un indice de Gini de l'ordre de 0,528 en se basant exclusivement sur les revenus monétaires. Notre approche rajoute à l'analyse, la prise en compte de la saisonnalité des revenus et procède à une décomposition de l'indice de Gini par sous-groupes de campements, par sources de revenus et par types d'animaux commercialisés. L'approche par la saisonnalité met en évidence l'importance des revenus issus de la vente d'animaux en saison humide comme source d'accroissement des inégalités. Nos résultats mettent aussi en exergue le rôle de la commercialisation des bovins, notamment femelles, dans l'augmentation des inégalités. Ces résultats sont différents de ceux d'Adams (1996) qui stipulaient le rôle positif des revenus issus des bovins femelles dans la réduction des inégalités en milieu rural au Pakistan. L'évaluation d'un indice de Gini de 0,509 en milieu pastoral se distingue des estimations effectuées au niveau national au Sénégal, qui situent l'indice de Gini autour de 0,411 2016 (Odusola *et al.*, 2017). L'indice de Gini estimé en milieu rural est encore plus bas, de l'ordre de 0,330 (Ndoye *et al.*, 2009). Une des explications de ces différences tient à la méthode utilisée. Notre étude se base sur l'analyse des revenus alors que les études citées ci-dessus sont basées sur l'estimation des indices de Gini à partir des dépenses. Les rubriques prises en compte concernent les dépenses de consommation, l'autoconsommation ainsi que certaines dépenses non-alimentaires. Or, en milieu pastoral, l'approche par les dépenses ne permet pas de prendre en compte les dépenses d'investissement (eau pour les animaux, achat d'aliments de bétail, épargne, réserve de capital bétail. . .) et masque ainsi les différences entre ménages en matière de leurs stratégies productives. De plus, l'approche par les revenus permet de mieux évaluer les capacités économiques réelles des éleveurs. La prise en compte de l'épargne dans les revenus aboutit notamment à des indices de Gini plus importants à la différence de l'entrée par les dépenses (Adams, 1996).

### **Inégalités dans la dotation en bétail**

L'évaluation des inégalités en matière de dotation en bétail au sein de la population enquêtée révèle un indice de Gini élevé de l'ordre de 0,571. Ces résultats s'inscrivent dans la même lignée que les travaux de Little et McPeak (2014) qui ont trouvé un indice de Gini de 0,64 en s'appuyant sur le nombre d'UBT dans les zones pastorales au Kenya et en Ethiopie. De même, d'autres études toujours menées dans les zones pastorales en Afrique de l'Est soutiennent ces résultats en montrant que moins de 20% des ménages contrôlent la moitié du cheptel (Homewood *et al.*, 2009; McPeak et Little, 2017). Cette situation se traduit par un comportement différencié dans le recours au marché des différents groupes d'éleveurs. La catégorie des « petits éleveurs » tire ses revenus principalement de la vente de petits ruminants, mais aussi d'autres activités (comme l'agriculture, le salariat notamment pour la fonction de bergers, le petit commerce, ou les transferts). Cela amène aussi à s'interroger sur la durabilité de ces activités de diversification en milieu pastoral sahélien (notamment celle des activités agricoles) mais aussi sur les types de soutien à apporter à ces petits éleveurs bénéficiant d'un faible capital bétail.

### **Génération de revenus et infrastructures pastorales**

Notre étude permet aussi de discuter de l'impact des infrastructures pastorales (particulièrement les marchés) sur les revenus des pasteurs. Les sites de Boulal et de Thiel bénéficient des meilleures infrastructures pastorales et d'accès au marché, étant situés à proximité du principal marché de regroupement de bétail, à savoir Dahra. Toutefois, ces sites présentent les revenus moyens par campement les plus faibles comparativement aux autres sites que sont Mbame, Tatki et Rewane. Cela est particulièrement surprenant pour un site comme Mbame qui ne dispose pas d'infrastructures pastorales notables comme les forages. Ces résultats tendent à montrer que les éleveurs les plus gros préfèrent être localisés dans des zones moins bien dotés en infrastructures pastorales. Ces faits sont confirmés par l'étude de Little *et al.* (2008) dans les zones pastorales au Kenya qui mettaient en évidence le fait que certains sites pastoraux caractérisés par un faible accès aux marchés disposaient de meilleurs revenus que d'autres sites mieux desservis en infrastructures et en termes d'accès aux marchés. Grâce à l'efficacité des réseaux de commerce du bétail, les pasteurs sahéliens sont relativement bien connectés aux marchés même dans les zones les plus enclavées (Duteurtre et Corniaux, 2019). De nombreux collecteurs et intermédiaires sont en effet présents sur les marchés locaux de collecte, et assurent le convoyage des animaux jusque sur les marchés de regroupement, ce qui favorise les ventes de bétail. Ces résultats nous amènent aussi à nous intéresser aux spécificités des 5 sites d'études. Le site de Thiel, situé en zone agropastorale, se caractérise par une présence importante de transhumants et une concurrence plus accrue sur l'accès aux ressources pastorales (accès à l'eau, aux pâturages, Aux couloirs de transhumance, etc.). Les sites de Rewane et Mbame qui apparaissent assez isolés et peu dotés en infrastructures offrent un cadre marqué par moins de pression et plus de disponibilité en

ressources pastorales. Il ne s'agit pas ici de décourager les investissements en milieu pastoral, mais plutôt de s'interroger sur les politiques à mettre en œuvre en matière d'infrastructures pastorales tout en préservant la mobilité et la disposition d'espaces de parcours.

## 1.8 Conclusion

Cette étude a eu pour objectif d'évaluer les multiples dimensions des inégalités de revenus en milieu pastoral. Elle s'est appuyée sur des enquêtes effectuées en 2013 et 2014 sur les revenus des ménages pastoraux dans le Ferlo sénégalais, ménages qui, pour la plupart, avaient aussi fait l'objet d'enquêtes une dizaine d'années auparavant (2004-2005). Trois conclusions majeures émergent. Premièrement, l'analyse de la distribution des revenus globaux sur les différents sites pastoraux de l'étude montre l'importance des inégalités avec un indice de Gini se situant autour de 0,509 largement au-dessus de celui calculé au niveau national. Les revenus monétaires et la dotation de bétail apparaissent encore plus inégalement distribués avec des indices de Gini respectifs de 0,531 et 0,571. La différence entre les indices de Gini des revenus globaux et monétaires montre l'importance de l'autoconsommation en termes de réduction des inégalités et son apport pour les ménages plus pauvres. Les inégalités s'expliquent aussi principalement par des disparités dans la dotation en capital-bétail. La décomposition des indices d'inégalités par site souligne que les inégalités nettes entre les sites s'établissent à environ 34,3% des inégalités totales montrant ainsi l'importance des caractéristiques structurelles des campements et les spécificités des différents sites en matière de dotations en bétail dans la génération des inégalités. Ainsi, la mise en place d'infrastructures pastorales ne réduit pas les inégalités entre campements, mais contribue à sécuriser les campements les mieux dotés. Deuxièmement, la décomposition de l'indice de Gini suivant les sources de revenus nous permet de montrer que les revenus issus des ventes de bovins mâles et femelles en hivernage tendent à accroître les inégalités de revenus. Ces ventes bénéficient surtout aux quartiles supérieurs de la population enquêtée qui tirent principalement leurs revenus des ventes de bovins. Durant cette période, les ménages pastoraux bénéficient de prix de marchés plus favorables même si le nombre d'animaux vendus est moins important comparativement à la saison sèche. Troisièmement, la décomposition de Gini montre l'importance de la commercialisation des petits ruminants et l'apport des autres sources de revenus pour les « petits éleveurs ». Les revenus issus des ovins et, dans une moindre mesure, des caprins, tendent à réduire les inégalités. Ces résultats soulignent l'hétérogénéité des situations au sein des ménages pastoraux et conduit à s'interroger sur les mesures à mettre en place pour soutenir les ménages les plus vulnérables dans la conduite d'activités non pastorales. Les principales difficultés rencontrées au cours de cette étude résident dans les difficultés d'estimation du cheptel des pasteurs par des enquêtes en un seul passage. Le cheptel constitue en effet le principal élément du patrimoine des éleveurs, et les réponses ne sont pas toujours faciles à obtenir. Par ailleurs, dans une enquête en un seul passage s'appuyant sur les déclarations

des éleveurs, des oublis ou des omissions peuvent se produire sur des opérations de ventes ou d'estimations des charges. De plus, l'enquête s'est intéressée à l'ensemble des revenus monétaires des familles, mais en raison de son orientation « pastorale », certains revenus ont pu faire l'objet d'une sous-évaluation comme la contribution de l'agriculture ou encore les activités commerciales.

Par la suite, une évaluation plus précise des dynamiques des revenus et des inégalités passerait, selon nous, par la possibilité d'enquêtes complémentaires intégrant de manière plus fines les revenus de diversification, au besoin en considérant leurs variations interannuelles. Il serait pour cela utile de disposer de données de panel permettant la collecte de données en plusieurs passages.

## Références

- ADAMS, R. H. (1996). Livestock income, male/female animals, and inequality in rural pakistan. Rapport technique, IFPRI.
- ADAMS, R. H. J. (2002). Nonfarm income, inequality, and land in rural egypt. *Economic Development and Cultural Change*, 50(2):339–363.
- ALARY, V., CORNIAUX, C. et GAUTIER, D. (2011). Livestock's contribution to poverty alleviation : How to measure it? *World Development*, 39(9):1638–1648.
- ATKINSON, A. B. (1970). On the measurement of inequality. *Journal of Economic Theory*, 2(3):244–263.
- BOURGUIGNON, F. (1979). Decomposable income inequality measures. *Econometrica*, 47(4):901.
- COWELL, F. A. (1980). Generalized entropy and the measurement of distributional change. *European Economic Review*, 13(1):147–159.
- DAGUM, C. (1997). A new approach to the decomposition of the gini income inequality ratio. *Empirical Economics*, 22(4):515–531.
- de HAAN, C., éditeur (2016). *Prospects for Livestock-Based Livelihoods in Africa's Drylands*. The World Bank.
- DUTEURTRE, G. et CORNIAUX, C. (2019). Les filières de commercialisation des produits issus de l'élevage des ruminants en afrique.
- HOMEWOOD, K., TRENCH, P. C. et KRISTJANSON, P. (2009). Staying maasai ? pastoral livelihoods, diversification and the role of wildlife in development. In *Staying Maasai ?*, pages 369–408. Springer.
- KUZNETS, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1):1–28.
- LERMAN, R. I. et YITZHAKI, S. (1985). Income inequality effects by income source : A new approach and applications to the united states. *The Review of Economics and Statistics*, 67(1):151.
- LITTLE, P. D., DEBSU, D. N. et TIKI, W. (2014). How pastoralists perceive and respond to market opportunities : The case of the horn of africa. *Food Policy*, 49:389–397.
- LITTLE, P. D., McPEAK, J., BARRETT, C. B. et KRISTJANSON, P. (2008). Challenging orthodoxies : Understanding poverty in pastoral areas of east africa. *Development and Change*, 39(4):587–611.



- LITTLE, P. D. et McPEAK, J. G. (2014). Resilience and pastoralism in africa south of the sahara, with a particular focus on the horn of africa and the sahel, west africa. *In conference paper*, volume 9.
- LÓPEZ-FELDMAN, A. (2006). Decomposing inequality and obtaining marginal effects. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 6(1):106–111.
- McPEAK, J. G. et LITTLE, P. D. (2017). Applying the concept of resilience to pastoralist household data. *Pastoralism*, 7(1).
- MORNET, P., MUSSARD, S., SEYTE, F. et TERRAZA, M. (2014). La décomposition de l'indicateur de gini en sous-groupes. *Revue française d'économie*, XXIX(2):179.
- MULDER, M. B. (1999). On pastoralism and inequality. *Current Anthropology*, 40(3):366–368.
- MULDER, M. B., FAZZIO, I., IRONS, W., McELREATH, R. L., BOWLES, S., BELL, A., HERTZ, T. et HAZZAH, L. (2010). Pastoralism and wealth inequality. *Current Anthropology*, 51(1):35–48.
- MUSSARD, S. et TERRAZA, M. (2009). Décompositions des mesures d'inégalité : le cas des coefficients de gini et d'entropie. *Recherches économiques de Louvain*, 75(2):151.
- NDOYE, D., ADOHO, F., BACKINY-YETNA, P., FALL, M., NDAYE, P. T. et WODON, Q. (2009). Tendence et profil de la pauvreté au sénégal de 1994 à 2006.
- ODUSOLA, A., CORNIA, G. A., BHORAT, H. et CONCEIÇÃO, P. (2017). Inégalités de revenus en afrique subsaharienne. Rapport technique, PNUD.
- PIKETTY, T. (2013). *Le Capital au XXIe siècle*.
- RICHARD, D., ALARY, V., CORNIAUX, C. et DUTEURTRE, G. (2019). *Dynamique des élevages pastoraux et agropastoraux en Afrique intertropicale*.
- SALZMAN, P. C. (1999). Is inequality universal? *Current Anthropology*, 40(1):31–61.
- SHORROCKS, A. F. (1980). The class of additively decomposable inequality measures. *Econometrica*, 48(3):613.
- SHORROCKS, A. F. (1982). Inequality decomposition by factor components. *Econometrica*, 50(1):193.
- STARK, O., TAYLOR, J. E. et YITZHAKI, S. (1986). Remittances and inequality. *The Economic Journal*, 96(383):722.
- SUTTER, J. W. (1987). Cattle and inequality : herd size differences and pastoral production among the fulani of northeastern senegal. *Africa*, 57(02):196–218.

- TERRAZA, M., SEYTE, F., MUSSARD, S. et KOUBI, M. (2005). Évolution des inégalités salariales en France entre 1976 et 2000 : une étude par la décomposition de l'indicateur de Gini. *Économie & prévision*, 169(3):139–169.
- TOURÉ, I., ICKOWICZ, A., WANE, A., GARBA, I. et GERBER, P. (2012). Système d'information sur le pastoralisme au Sahel. Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel 1970-2012. Rapport technique, FAO.
- TOURÉ, I., DIOP, A. et DIOUF, A. (2003). Dynamic analysis of landscapes and landcovers for the knowledge and evolution of the pastoral ecosystems in the Ferlo-Senegal. In *Proceeding of the VII International Rangelands Congress, Editions N. Allsopp ISBN number 0-958-45348-9*, pages 134–136.
- WANE, A., ANCEY, V. et TOURÉ, I. (2010). Pastoralisme et recours aux marchés : Cas du Sahel sénégalais (Ferlo). *Agriculture*, 19(1):14–20.
- WANE, A., TOURÉ, I. et ANCEY, V. (2009). Assets of the market, assets of the rural world : Pastoral market income distribution in the Senegalese Sahel (Ferlo). *Journal of Income Distribution*, 18(3-4):232–248.

## Chapitre 2

# Diversifier ou se spécialiser ? Impacts de la diversification sur le bien-être des ménages et les inégalités en milieu pastoral au Sénégal

### Résumé

La diversification des sources de revenus est promue comme stratégie d'amélioration des conditions de vie des ménages ruraux. Toutefois, les études se sont focalisées principalement sur les ménages agricoles et des interrogations subsistent en ce qui concerne les ménages pastoraux et agro-pastoraux caractérisés par le recours à la mobilité du bétail comme stratégie d'adaptation dans un environnement incertain. Nous utilisons les données de la campagne agro-pastorale 2015/2016 pour étudier les impacts de la participation aux activités de diversification sur les niveaux de revenu et les inégalités dans les zones pastorales et agro-pastorales au Sénégal. Afin de tenir compte des biais potentiels de sélection et d'endogénéité, nous avons adopté la méthode d'Endogenous Switching Regression (ESR) ou modèle à changement de régime. Les résultats montrent un effet positif et significatif de la participation aux activités de diversification sur les revenus et les dépenses de consommation des ménages pastoraux. En désagrégant suivant la catégorie d'éleveurs, la diversification des sources de revenus profite davantage aux petits éleveurs comparativement à la catégorie des éleveurs mieux dotés en bétail. La décomposition des inégalités par sources de revenu a mis en relief le potentiel réducteur des activités de diversification sur les inégalités en milieu pastoral.

**Mots clés :** pastoralisme, diversification, inégalités, Sénégal, Sahel.

## 2.1 Introduction

Dans la plupart des pays sahéliens, le pastoralisme apparaît comme la principale activité de valorisation des milieux arides et semi-arides avec une contribution économique de l'élevage évaluée entre 5 à 10% du PIB (de Haan, 2016). Sur le plan socio-économique, de Haan (2016) montre que l'élevage constitue le moyen de subsistance d'environ 120 millions de personnes soit environ 70% des populations des zones arides du Sahel et de la Corne de l'Afrique. Toutefois, l'élevage pastoral doit faire face à un environnement incertain relatif à la variabilité climatique, la pression croissante sur les ressources découlant de l'extension des terres cultivables et des besoins croissants des ménages liés à la consommation ou à la santé. De plus, la pauvreté et les inégalités sont persistantes dans les zones pastorales avec une estimation de près de 80% des ménages pastoraux vivant en dessous du seuil de pauvreté (de Haan, 2016) et des indices de Gini élevés comparativement au niveau national (Little and McPeak, 2014; Wane et al., 2009).

Parallèlement à ce contexte, certaines initiatives font la promotion du développement d'activités non-agricoles comme sources potentielles d'amélioration de la distribution des revenus en milieu rural en Afrique (FIDA, 2011). Dans les zones rurales au Sénégal, les emplois formels et les salaires décents sont limités (ANSD, 2019a). Les activités indépendantes non agricoles et peu qualifiées constituent la plus grande opportunité pour les ménages pastoraux et agropastoraux. L'implication dans l'économie non agricole est donc une stratégie potentielle de gestion des risques pour un grand nombre de ménages ruraux.

En considérant la diversification sous l'angle de la participation aux activités indépendantes (commerce, artisanat, sylviculture,...), l'objectif de l'étude consiste à évaluer l'impact de la participation à ces activités sur le bien-être des ménages pastoraux et agropastoraux ainsi que sur les inégalités de revenus. Nous nous appuyons sur des enquêtes menées dans le cadre du Projet Régional d'Appui au Pastoral au Sahel (PRAPS) - volet Sénégal sur la campagne agro-pastorale 2015/2016. Sur le plan méthodologique, nous procédons à une analyse des inégalités à travers une décomposition par sources de revenus pour mettre en relief l'impact marginal d'une source particulière de revenu sur les inégalités. Par la suite, l'Endogenous Switching Regression (ESR) est employé pour analyser les déterminants de la participation aux activités de diversification et les impacts sur les niveaux de revenus et les dépenses de consommation. L'avantage de cette méthode est liée à la prise en compte du biais de sélection dans la diversification à travers les facteurs observables et non-observables.

Le contexte pastoral a toujours été caractérisé par la prépondérance de la mobilité dans les stratégies des ménages pour faire face à un environnement incertain. Même si le recours à la transhumance demeure la principale stratégie, certaines études ont mis en évidence une participation de plus en plus croissante des ménages pastoraux aux activités de diversification (Adriansen, 2006; Manoli et al., 2014; Mburu et al., 2017; Radeny et al., 2007; Tsegaye et al., 2013). Plus spécifiquement au Sénégal, les études sur les stratégies de diversification axées

sur l'analyse des déterminants ont globalement porté sur les ménages agricoles (Bignebat and Sakho-Jimbira, 2013; Loison and Bignebat, 2017). En outre, les études menées dans le contexte pastoral sur la diversification des sources de revenus des ménages pastoraux ont adopté une démarche anthropologique (Adriansen, 2006) ou sociologique (Manoli et al., 2014) s'intéressant aux trajectoires des éleveurs et aux stratégies mises en place lors de divers choix.

Les études empiriques sur les impacts de la diversification sur les inégalités de revenus sont diverses et variées. Certaines études ont mis en avant le rôle de la diversification dans la réduction des inégalités (de Janvry et al., 2005; Zhu and Luo, 2006), tandis que d'autres ont constaté que la diversification tend à accroître les inégalités entre les ménages en milieu rural (Canagarajah et al., 2001; Reardon and Taylor, 1996). Ces différences peuvent s'expliquer par l'agrégation de différentes activités dans la diversification d'où l'intérêt de mener une analyse plus spécifique. A notre connaissance, peu d'études ont porté sur les déterminants de la participation aux activités de diversification dans le cadre pastoral et sur les impacts potentiels sur les inégalités de revenu parmi les ménages pastoraux au Sénégal.

Dans ce chapitre, nous analysons les facteurs associés aux décisions des ménages pastoraux de s'engager dans un travail indépendant hors activités agro-pastorales et nous estimons les effets de ces décisions sur des résultats tels que les revenus et les dépenses de consommation des ménages. L'analyse du rôle de ces activités peut contribuer à la mise en œuvre de stratégies et d'initiatives de la part des décideurs pour améliorer le bien être des ménages pastoraux. En outre, nous contribuons à la littérature empirique en abordant l'endogénéité potentielle de la participation aux activités de diversification par l'utilisation de techniques d'évaluation d'impact dans un cadre contrefactuel.

Le reste du chapitre est organisé comme suit : la section 2 a trait à une revue critique de la littérature sur les liens entre pastoralisme, activités de diversification et inégalités principalement en Afrique. La section 3 décrit le contexte de l'étude avec les sites retenus relevant du Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS) ainsi que les données issues des enquêtes du projet. La section 4 présente la démarche méthodologique en distinguant la décomposition des inégalités par sources de revenu et l'évaluation d'impact. La section 5 identifie les variables d'analyse pertinentes et examine les statistiques descriptives. La section 6 est dédiée à la synthèse des résultats de l'analyse empirique ainsi qu'à leur discussion. Enfin, le chapitre se termine par une conclusion mettant en perspectives les résultats de l'analyse empirique.

## **2.2 Pastoralisme, diversification des sources de revenus et inégalités : une revue de la littérature**

### **2.2.1 Pastoralisme et diversification des sources de revenus**

La diversification des sources de revenus renvoie à la participation des ménages ruraux dans diverses activités dans l'objectif d'améliorer leur niveau de vie ou d'amoindrir les risques pesant sur leur principale activité (Ellis, 2000). Cette conception met en évidence les déterminants du recours à la diversification à travers deux types de facteurs : « push » et « pull » (Barrett et al., 2001; Haggblade et al., 2007). Le premier groupe de facteurs « push » renvoie à la décision de participer dans d'autres types d'activités dans une perspective de réduire les risques et de faire face aux contraintes. Quant aux facteurs « pull », ils sont relatifs aux possibilités offertes pour accroître son revenu et accumuler du capital. Ces deux types de facteurs se retrouvent dans la littérature sur le recours aux activités de diversification par les ménages pastoraux et agro-pastoraux.

Recourir aux activités de diversification constitue un phénomène croissant dans le monde rural en Afrique particulièrement dans les zones pastorales et agro-pastorales. En Ethiopie, Berhanu et al. (2007) ont décomposé la structure des revenus des ménages pastoraux et montré que le pastoralisme constituait la principale source de revenu pour les ménages à hauteur de 72% suivi de l'agriculture pour 18% et les activités de diversification à hauteur de 10%. Ces activités de diversification étaient essentiellement des emplois salariés, des activités indépendantes notamment le commerce et dans une moindre mesure des transferts de migrants. En examinant le facteur travail dans le cadre du pastoralisme, Berhanu et al. (2007) ont mis en évidence un surplus de main d'œuvre pouvant être affecté à d'autres activités. Par la suite, les mêmes tendances ont été confirmées par Radeny et al. (2007) qui ont étudié les stratégies de diversification chez les pasteurs au Kenya et ont montré une contribution des activités de diversification dans le revenu des ménages plus importante que précédemment avec 35%. Radeny et al. (2007) ont également montré que les ménages pastoraux dotés de plus de bétail généraient des revenus plus importants des autres activités. Tsegaye et al. (2013) ont abouti à des conclusions similaires dans les zones pastorales et agro-pastorales en Ethiopie mais trouvé une contribution des activités de diversification au revenu global des ménages ruraux relativement inférieure (7,5%). Tsegaye et al. (2013) ont souligné le fait que cette contribution est plus marquée dans les systèmes combinant l'élevage et l'agriculture. En étudiant le rôle de l'élevage dans la réduction de la pauvreté au Mali dans différentes zones agro-écologiques, Alary et al. (2011) ont mis en évidence la forte contribution des revenus hors agriculture et élevage dans les systèmes pastoraux. Par la suite, Mburu et al. (2017) ont analysé les dynamiques de revenus en milieu pastoral au Kenya entre 2009 et 2013 et en ont conclu une diversification progressive des activités particulièrement pour les ménages faiblement dotés en bétail.

Plus spécifiquement au Sénégal, les premières études menées exclusivement sur les systèmes pastoraux ont mis en évidence une contribution progressive des activités de diversification particulièrement l'emploi salarié à travers la fonction de berger pour éleveurs faiblement dotés en capital bétail (Wane et al., 2010). En analysant les stratégies des éleveurs dans le département de Linguère au nord du Sénégal, Adriansen (2006) a mis en exergue un recours croissant aux activités de diversification, une réduction de la part de l'activité agricole et une commercialisation plus accrue des produits d'élevage. Cependant, Adriansen (2006) a souligné qu'une bonne part des revenus issus des activités de diversification était utilisée pour renforcer le capital bétail particulièrement les bovins constituant un marqueur culturel et de richesse des populations pastorales Peulh. Plus récemment, toujours dans les zones pastorales au Sénégal, Manoli et al. (2014) ont étudié les stratégies utilisées par les pasteurs et leurs trajectoires au sortir des crises climatiques. L'étude a montré que l'on est passé d'un recours quasi-exclusif à la transhumance à l'adoption d'activités de diversification à partir des années 2000. En ce sens, Manoli et al. (2014) indiquent que 32% des campements d'éleveurs interrogés déclarent recourir aux activités de diversification comme l'artisanat, le commerce, l'apiculture ou encore l'emploi de berger ou d'ouvrier agricole.

### **2.2.2 Diversification des sources de revenus et inégalités**

La littérature sur les impacts de la diversification des activités sur les inégalités de revenus en Afrique présente des résultats mitigés.

L'impact positif des revenus issus de la diversification apparaissait à travers l'étude menée par Adams (2002) sur les effets de cinq sources de revenus dans la génération des inégalités en milieu rural en Egypte. Les résultats ont montré l'importance de la contribution à 60% des activités non agricoles au revenu global des ménages ruraux. La participation à ces activités et les revenus générés tendaient à réduire les inégalités entre les ménages même si des différences apparaissaient avec des activités demandant plus de qualification ou plus de capital. Dans une étude sur les relations entre activités non agricoles, pauvreté et inégalités en Ethiopie, Berg and Kumbi (2006) ont montré une tendance à la réduction des inégalités avec une croissance des activités non agricoles favorables aux ménages les plus pauvres. Spécifiquement au contexte pastoral, Tsegaye et al. (2013) a montré dans une approche descriptive que la prise en compte des revenus issus de la diversification (activités indépendantes et salariat), des transferts privés et des subventions découlant des programmes de développement tendait à réduire l'indice de Gini en milieu rural en Ethiopie.

En revanche, d'autres études ont mis en évidence l'existence de barrières à l'entrée des ménages pauvres aux activités de diversification débouchant sur une hausse des inégalités. Ainsi Canagarajah et al. (2001), en étudiant la distribution des revenus au sein des ménages ruraux au Ghana et en Ouganda, ont trouvé que les activités non agricoles contribuaient à l'augmentation des

inégalités. En s'appuyant sur des données de panel en Ouganda entre 2003 et 2005, Kijima et al. (2006) ont examiné le rôle de l'emploi non agricole dans la réduction de la pauvreté auprès des ménages ruraux. Leurs résultats montrent que les ménages peu dotés en ressources se tournent vers des activités peu rémunératrices tandis que les ménages les mieux dotés s'engageaient dans des activités indépendantes notamment le commerce conduisant à une augmentation des inégalités. Les mêmes conclusions sont valables pour les études de Block and Webb (2001) et Nega et al. (2009) en Ethiopie et de Babatunde and Qaim (2009) au Nigeria avec des ménages ruraux mieux dotés en actifs tirant plus de revenus des activités de diversification. Dans une étude sur les ménages agricoles au nord Ghana, Marchetta (2008) montre un accès différencié des ménages ruraux aux activités de diversification avec des ménages mieux dotés bénéficiant d'un meilleur accès aux activités non agricoles et des ménages plus pauvres s'appuyant sur la migration.

Pour résumer, même si la mobilité du bétail constitue la principale stratégie des éleveurs dans un environnement incertain, ces dernières années ont été marquées par un recours plus croissant aux activités de diversification dans les zones pastorales au Sénégal. Toutefois, la majeure partie des études menées sur les tendances liées à la diversification des activités et leurs impacts sur la distribution des revenus sont relatives à des approches anthropologiques ou sociologiques (Adriansen, 2006; Manoli et al., 2014). En outre, des études quantitatives axées sur les stratégies de diversification au Sénégal ont davantage porté sur des ménages agricoles avec une faible part accordée au pastoralisme (Bignebat and Sakho-Jimbira, 2013; Loison and Bignebat, 2017). Cette étude tente de combler ces limites en analysant les déterminants de la participation aux activités de diversification des ménages pastoraux et agro-pastoraux au Sénégal ainsi que les impacts sur les niveaux de revenus et les inégalités.

## **2.3 Contexte de l'étude et données**

### **2.3.1 Contexte et sites de l'étude**

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la mise en œuvre du Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS). Ce projet, concernant six pays sahéliens (Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad) membres du Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), résulte du sommet sur le pastoralisme organisé en Mauritanie en 2013 avec la Banque Mondiale, le CILSS et des organisations d'intégration régionale comme la CEDEAO et l'UEMOA. A travers ce projet, l'objectif principal consiste à « sécuriser le mode d'existence et les moyens de production des populations pastorales et à accroître le produit brut des activités d'élevage d'au moins 30% dans les six pays concernés au cours des cinq prochaines années, en vue d'augmenter significativement les revenus des pasteurs dans un



horizon de 5 à 10 ans ».

La zone d'intervention du PRAPS-Sénégal (PRAPS-SN) s'étend sur 32% du territoire et compte une population d'environ 2,1 millions d'habitants, soit 16,5% de la population nationale (Diop et al., 2014). Le PRAPS-SN intervient dans cinq régions relevant de trois zones agro écologiques. Dans la Zone Sylvo-pastorale, le projet intervient dans la région de Saint Louis au niveau des départements de Dagana et de Podor, dans la région de Matam avec les départements de Matam et de Kanel, et dans la région de Louga au niveau du département de Linguère. Dans le Bassin arachidier, le projet intervient dans la région de Kaffrine avec le département de Koungueul. Enfin, au Sénégal Oriental, le projet est implanté dans la région de Tambacounda au niveau des départements de Koumpentoum et Bakel.

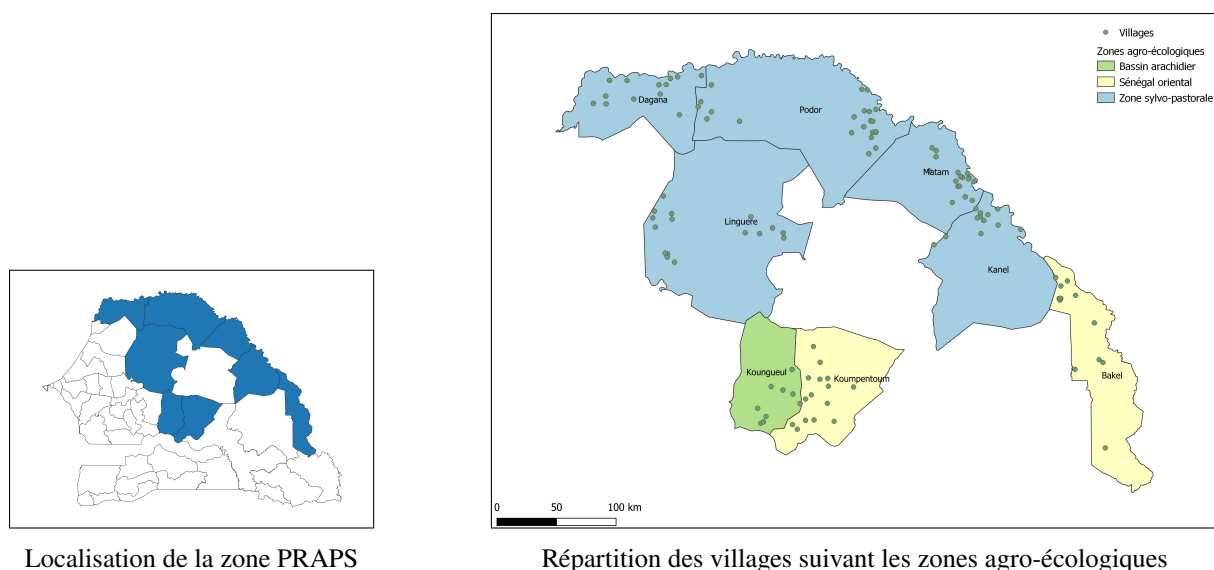


FIGURE 2.1 – Sites de l'étude : zone d'intervention du PRAPS au Sénégal

Source : Réalisation de l'auteur d'après données PRAPS

Considérée comme la zone de prédilection de l'élevage pastoral, la **Zone Sylvo-Pastorale** (ZSP) communément dénommée Ferlo s'étend principalement sur les régions de Saint Louis, Louga et Matam couvrant une superficie d'environ 67 610 km<sup>2</sup> soit environ un tiers du territoire national (Touré et al., 2003). Les conditions climatiques de cette zone se caractérisent par des précipitations sur une période de 3 à 4 mois, avec une pluviométrie moyenne allant de moins de 200 mm à l'extrême nord à près de 500 mm dans le sud du Ferlo. Cette zone présente une forte diversité suivant les régions considérées.

La région de *Saint-Louis* située plus au Nord se caractérise notamment par un environnement marqué par un important réseau hydrographique avec la proximité du fleuve Sénégal et du lac de Guiers. Cela favorise notamment la pratique de cultures irriguées. Saint-Louis se caractérise par la diversité de ses activités économiques avec l'élevage pastoral, l'agriculture, la présence de groupes industriels exploitant la canne à sucre, l'horticulture ou encore la pêche (ANSD,

2019d). Cette région bénéficie d'un bon niveau d'intégration au marché. Cela confère à cette région des opportunités en termes d'accès à des emplois hors secteur primaire.

La région de *Louga* est une zone à vocation essentiellement agro-sylvo-pastorale dont l'économie est tirée par le secteur primaire. L'élevage constitue l'une des principales activités de la région en raison de l'appartenance d'une grande partie de son territoire (65%) à la zone sylvo-pastorale et occupe avec l'agriculture près de 80% de la population active (ANSD, 2016). Le secteur secondaire connaît des difficultés avec la fermeture d'unités industrielles, même si l'artisanat se révèle assez dynamique avec la menuiserie, la tapisserie, la confection de chaussures, d'objets d'art, d'instruments de musique et la poterie. Les activités commerciales connaissent un essor certain notamment au niveau du secteur informel très dynamique.

Dans la région de *Matam*, l'agriculture et l'élevage constituent les principales activités économiques : 90% de la population active (ANSD, 2019c). La sylviculture, l'artisanat et le commerce y sont également importants. Matam se caractérise aussi par la présence de sociétés dédiées à l'exploitation minière notamment le phosphate.

La deuxième zone agro-écologique considérée est le **Bassin arachidier** avec la région de *Kaffrine*. Dans cette région, la pluviométrie varie entre 400 et 800 mm dans les départements de Kaffrine et de Koungheul. L'examen de la variabilité inter-annuelle de la pluviométrie durant la période 1981-2013 révèle que le département de Koungheul a reçu plus de précipitations avec une moyenne de 823,3 mm (ANSD, 2019b). Les principales activités économiques de la région sont essentiellement l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière, le commerce, l'artisanat ou encore l'entrepreneuriat sous l'impulsion des organisations féminines. Kaffrine est une région à forte vocation agricole occupant la première place au niveau de la production d'arachide au Sénégal avec des surfaces agricoles plus importantes pour les ménages. A côté de l'agriculture, s'intègre un élevage de type semi-extensif profitant aussi des résidus de récolte et porté sur des pratiques modernes telles que l'embouche bovine ou ovine ainsi que l'aviculture. Par ailleurs, Kaffrine est une véritable région carrefour dans le commerce du bétail avec la proximité de la Gambie et de grands centres urbains religieux comme Diourbel, Kaolack et Touba.

Le **Sénégal oriental** constitue la troisième zone agro-écologique distinguée avec la région de *Tambacounda*. L'agriculture joue un rôle important dans la région avec une pluviométrie plus importante que dans les autres zones. Trois systèmes d'élevage sont pratiqués dans la région : le semi-intensif, l'extensif et le mixte. La région de Tambacounda dispose de potentialités pour l'élevage avec des pâturages représentant 16 % du territoire national (ANSD, 2018). En ce sens, c'est une forte zone d'accueil de transhumance. La position géographique de la région de Tambacounda fait qu'elle constitue un lieu central pour les échanges commerciaux entre le Sénégal et le Mali. Cette région dispose aussi d'une biodiversité importante qui lui confère une destination privilégiée pour le tourisme avec des réserves naturelles. Le tourisme avec la présence des hôtels, auberges et campements touristiques constitue un pourvoyeur d'emplois à la population locale.

Suivant le rapport sur l'analyse de la biomasse au Sénégal en 2015 d'Action Contre la Faim (ACF), la saison des pluies 2015 a été marquée par un démarrage tardif particulièrement dans les zones nord-est et centre. Cependant, il ressort du rapport que ces retards ont été atténués par une bonne saison pluvieuse en 2015.

### 2.3.2 Données

Des enquêtes ont été menées pour établir un diagnostic de la situation de référence du projet PRAPS. Les enquêtes ont été effectuées sur la base de la campagne agro-pastorale 2015/2016. Le nombre de ménages enquêtés étaient de l'ordre de 930 relevant de 123 villages parmi les 5 régions de la zone d'intervention du projet. Les enquêtes ont porté essentiellement sur les membres du ménage ayant une présence permanente. Pour chaque ménage, des informations ont été recueillies sur les caractéristiques démographiques, les dotations en termes d'actifs principalement le bétail de même que l'estimation des dépenses et des revenus de différentes sources que sont l'élevage, l'agriculture, les activités salariées et indépendantes ainsi que les transferts issus des migrants. Une attention particulière a été accordée à la composition du bétail en distinguant les espèces animales et les classes d'âge ainsi qu'à la valorisation de l'autoconsommation. La collecte de ces informations s'est également basée sur la prise en compte de la sous-saisonnalité, plus conforme et adaptée aux caractéristiques de l'économie du pastoralisme au Sahel, à travers la distinction de 3 sous-saisons : saison des pluies (Juillet - Octobre 2015), saison sèche froide (Novembre 2015 - Février 2016) et la saison sèche chaude (Mars - Juin 2016). Au final, l'étude porte sur un échantillon de 918 ménages pastoraux et agro-pastoraux. La non prise en compte de 12 ménages s'expliquent par des données manquantes sur les revenus ou certaines caractéristiques.

Les revenus pastoraux proviennent essentiellement de la vente de produits laitiers ainsi que de leur autoconsommation, de l'abattage du bétail à des fins d'autoconsommation et des ventes d'animaux sur pied. La somme des valeurs de ces catégories de produits aboutit au revenu brut pastoral. Le revenu net des activités pastorales est obtenu en déduisant les coûts de production associés au pastoralisme. Dans notre cas, ces coûts découlent des achats d'aliments de bétail, d'animaux, d'eau ainsi que l'usage de produits vétérinaires. Le revenu issu de l'agriculture est obtenu en considérant les revenus issus des ventes de produits agricoles ainsi que la valeur de l'autoconsommation. Par la suite, nous déduisons les coûts de production consistant à l'achat de fertilisants (engrais) et à la main d'œuvre. Etant donné que les valeurs de ces différentes sources de revenus sont de nature déclarative, nous nous appuyons sur le prix médian par village et par saison pour tenir compte de la variation importante entre saison mais aussi suivant la localisation. Spécifiquement à l'élevage pastoral, nous calculons le prix médian par type d'animal, par saison et par village que l'on multiplie par les quantités vendues. En utilisant cette approche, nous limitons les variations importantes pouvant découler de valeurs extrêmes typiques dans ce genre d'enquêtes, de même que la prise en compte de la variation saisonnière des prix. Dans le cas

de l'évaluation de l'autoconsommation, nous considérons le prix médian pour chaque espèce animale pour éviter des écarts importants.

Nous avons également considéré une base relative à la cartographie des infrastructures de la zone d'intervention effectuée avant le démarrage effectif du projet. Ces infrastructures concernent essentiellement les marchés ruraux ainsi que les forages. La disponibilité des coordonnées géographiques des villages a permis de calculer les distances par rapport au chef-lieu des départements, aux marchés ruraux et aux forages.

### **2.3.3 Définition des activités de diversification**

Dans le cadre de cette étude, nous définissons les activités de diversification comme des activités indépendantes en dehors des principales sources de revenus pastoraux et agricoles. Ces activités indépendantes renvoient notamment au commerce, l'artisanat, la sylviculture, la chasse, ou encore la pêche. Pour ces activités, la participation implique qu'au moins un membre du ménage est propriétaire d'une structure ou travaille à son propre compte au cours de la période des 12 mois précédant l'enquête. Nous excluons notamment l'emploi salarié car la plupart des emplois distingués dans la zone d'étude ont trait aux fonctions de berger salarié et d'ouvrier agricole. De même, nous n'incluons pas les transferts et les subventions étant donné que nous mettons l'accent sur les activités dans la zone d'étude comme dans le cadre d'autres études sur la diversification des sources de revenus (Ackah, 2013; Adjognon et al., 2017; de Janvry et al., 2005).

## **2.4 Méthodes**

Nous procédons, d'abord, à l'analyse de la distribution des revenus au sein des ménages pastoraux et agro-pastoraux. Par la suite, une décomposition des inégalités est effectuée en évaluant la contribution spécifique de chacune des sources de revenus à la génération des inégalités. Enfin, nous étudions les effets de la participation aux activités de diversification sur les niveaux de revenu dans le cadre d'une évaluation d'impact en considérant un scénario contrefactuel sans recours à la diversification.

### **2.4.1 Décomposition des inégalités par sources de revenus**

Les travaux de Shorrocks (1982) ont permis de mettre en évidence la possibilité de décomposer l'indice de Gini par sources de revenus pour évaluer la contribution spécifique de chaque activité dans la génération des inégalités. Par la suite, Lerman and Yitzhaki (1985) ont montré que l'indice de Gini  $G$  correspondant au revenu global peut être décomposé tel que :

$$G = \sum_{k=1}^K R_k G_k S_k \quad (2.1)$$

où  $G$  représente le coefficient de Gini,  $S_k$  représente la part de la source de revenu  $k$  dans le revenu global,  $G_k$  est le coefficient de Gini de la source de revenu  $k$ , et  $R_k$  est le coefficient de corrélation entre l'indice de Gini du revenu provenant de l'activité  $k$  et le revenu global  $Y$ . La contribution de la source de revenu  $k$  à l'inégalité totale est obtenue par :

$$\frac{R_k G_k S_k}{G} \quad (2.2)$$

En s'appuyant sur la décomposition de Gini proposée par Lerman and Yitzhaki (1985), nous avons également estimé les effets des changements d'une source de revenu particulière sur les inégalités, en considérant les autres revenus constants. Soit  $e_k$  le pourcentage de changement du revenu de la source  $k$ . Selon Stark et al. (1986) et López-Feldman (2006), l'effet marginal de la source de revenu par rapport à l'inégalité est donnée par :

$$\frac{\frac{\partial G}{\partial e_k}}{G} = \frac{R_k G_k S_k}{G} - S_k \quad (2.3)$$

où  $G$  désigne le coefficient de Gini de l'inégalité totale avant la modification des revenus. La variation en pourcentage de l'inégalité résultant d'une faible variation en pourcentage du revenu provenant de la source  $k$  est égale à la part initiale de la source de revenu dans l'inégalité moins la part initiale dans le revenu total.

## 2.4.2 Modèle d'Endogenous Switching Regression

La démarche méthodologique adoptée dans cette partie s'inscrit dans le cadre de l'évaluation d'impact qui repose sur un problème d'inférence causale à travers la mesure de l'effet spécifique d'un programme sur des résultats. L'évaluation de cet effet passe par l'identification d'un groupe de contrôle présentant des caractéristiques proches du groupe traité. Toutefois, l'analyse de l'impact dans les études non expérimentales reste difficile car l'effet causal obtenu en comparant les groupes de traitement avec les groupes de contrôle peut être biaisé en raison d'une auto-sélection du traitement (affectation non aléatoire). Pour surmonter ces biais, nous avons utilisé l'Endogenous Switching Regression (ESR) ou régression par changement de régime.

Nous utilisons cette approche découlant des travaux de Maddala and Nelson (1975) pour analyser la performance économique des ménages pastoraux et agro-pastoraux conditionnellement à la participation à des activités de diversification. L'Endogenous Switching Regression (ESR) se déroule en deux étapes : la première étape consiste à l'analyse des déterminants de la participation aux activités de diversification en s'appuyant sur un modèle Probit (2.4) ; dans la seconde étape,

une régression des moindres carrés ordinaires (MCO) avec correction de la sélection est utilisée pour examiner la relation entre les variables de résultat et un ensemble de variables explicatives conditionnées par la décision de participation. La méthode d'ESR est estimée à travers la technique du maximum de vraisemblance à information complète considérée comme la plus efficace (Di Falco et al., 2011; Lokshin and Sajaia, 2004).

Soit  $D_i^*$  la différence de bénéfices nets entre la participation aux activités de diversification ( $D_{iP}$ ) et la non-participation ( $D_{iN}$ ). Un ménage pourrait choisir de participer aux activités de diversification si  $D_i^* = D_{iP} - D_{iN} > 0$ . Même si  $D_i^*$  n'est pas observable, il peut être exprimé comme une fonction de caractéristiques observées dans le modèle suivant avec une variable latente :

$$D_i^* = \beta Z_i + \mu_i \text{ avec } D_i = \begin{cases} 1 & \text{si } D_i^* > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.4)$$

où  $D_i$  est une variable de choix binaire équivalent à 1 pour le ménage  $i$  dans le cas d'une participation aux activités de diversification et 0 sinon,  $\beta_i$  est un vecteur de paramètres estimés,  $Z_i$  est un vecteur de caractéristiques des ménages et  $\mu_i$  constitue le terme d'erreur suivant une loi normale.

Supposons des fonctions de résultats où un ménage pastoral fait face à deux régimes : participer aux activités de diversification (2.5a), et ne pas participer à ces activités (2.5b) telles que :

$$\text{Régime 1 : } Y_{1i} = X_{1i}\beta_1 + \epsilon_{1i} \text{ si } D_i = 1 \quad (2.5a)$$

$$\text{Régime 2 : } Y_{2i} = X_{2i}\beta_2 + \epsilon_{2i} \text{ si } D_i = 0 \quad (2.5b)$$

où  $Y_{1i}$  et  $Y_{2i}$  sont des variables de résultat, qui représentent le revenu et les dépenses de consommation par individu sous les régimes 1 et 2,  $X_i$  symbolise un vecteur des caractéristiques des ménages, et  $\beta$  est un vecteur des paramètres à estimer.

Comme indiqué dans Di Falco et al. (2011), l'hypothèse clé de l'ESR renvoie au fait que les termes d'erreur dans les équations (2.4), (2.5a) et (2.5b) ont une distribution normale, avec une moyenne nulle et une matrice de covariance de la forme suivante :

$$\text{cov}(\eta, \epsilon_1, \epsilon_2) = \begin{bmatrix} \sigma_\eta^2 & \sigma_{\eta 1} & \sigma_{\eta 2} \\ \sigma_{1\eta} & \sigma_1^2 & \cdot \\ \sigma_{2\eta} & \cdot & \sigma_2^2 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Où  $\sigma_\eta^2$  est la variance du terme d'erreur dans l'équation de participation (2.4).  $\sigma_1^2$  et  $\sigma_2^2$  représentent les variances des termes d'erreur dans les fonctions de résultat (2.5a) et (2.5b).  $\sigma_{1\eta}$  et

$\sigma_{2\eta}$  représentent la covariance de  $\eta_i$ , ainsi que  $\epsilon_{1i}$  et  $\epsilon_{2i}$ . La covariance entre  $\epsilon_{1i}$  et  $\epsilon_{2i}$  n'est pas définie puisque  $Y_{1i}$  et  $Y_{2i}$  ne sont pas observés simultanément. Une implication importante de la structure d'erreur est que les valeurs attendues de  $\epsilon_{1i}$  et  $\epsilon_{2i}$  conditionnelles à la sélection de l'échantillon sont non nulles, car le terme d'erreur de l'équation (2.4) est corrélé avec les termes d'erreur des fonctions de résultat (2.5a) et (2.5b), autrement dit :

$$E[\epsilon_{1i}|D_i = 1] = \sigma_{1\eta} \frac{\phi(Z_{i\alpha})}{\Phi(Z_{i\alpha})} = \sigma_{1\eta} \lambda_{1i} \quad (2.7a)$$

$$E[\epsilon_{1i}|D_i = 0] = -\sigma_{2\eta} \frac{\phi(Z_{i\alpha})}{1 - \Phi(Z_{i\alpha})} = \sigma_{2\eta} \lambda_{2i} \quad (2.7b)$$

Où  $\phi(\cdot)$  est la fonction de la densité de probabilité d'une loi normale,  $\Phi(\cdot)$  est la fonction cumulative de la densité de probabilité d'une loi normale,  $\lambda_{1i}$  et  $\lambda_{2i}$  sont les inverses du rapport de Mills découlant de l'équation de sélection (2.4) et inclus dans (2.5a) et (2.5b) pour corriger les biais de sélection dans la régression à changement de régime. Si les covariances estimées  $\hat{\sigma}_{1\eta}$  et  $\hat{\sigma}_{2\eta}$  sont statistiquement significatives, alors la décision de participation aux activités de diversification et les variables de résultats sont corrélées. Cela implique la présence d'un changement endogène et suggère de rejeter l'hypothèse nulle d'absence de biais de sélection.

Le recours au modèle d'ESR requiert de disposer d'au moins une variable dans l'équation de sélection (2.4) qui n'apparaît pas dans les équations de résultats (2.5a) et (2.5b) à titre d'exclusion (Di Falco et al., 2011). Cela passe par l'identification d'une variable exogène qui affecte de manière significative la participation aux activités indépendantes mais se révèle non significative pour les activités agro-pastorales du ménage en l'absence de diversification. Dans le cadre de cette étude, nous considérons la variable relative à la participation des voisins du ménage aux activités indépendantes comme instrument d'identification. Des études antérieures ont montré que la participation des ménages agro-pastoraux dans des activités de diversification est influencée par la participation de leurs voisins (de Janvry et al., 2005; Scharf and Rahut, 2014). Toutefois, la participation de ménages voisins ne devrait pas avoir d'incidence sur les revenus et les dépenses des ménages considérés en l'absence de diversification. Cet instrument a été pris en compte dans le cadre d'autres études sur la participation des ménages ruraux aux activités de diversification (Scharf and Rahut, 2014). De manière analogue, certaines études d'impacts sur le bien être des ménages ruraux ont adopté comme instrument la participation des voisins dans le cadre de l'adhésion à une coopérative agricole (Ma and Abdulai, 2016), de l'adoption de pratiques agronomiques améliorées (Tufa et al., 2019) et de l'accès au crédit des ménages ruraux (Kumar et al., 2020). Sur le plan empirique, nous avons effectué un test de falsification pour vérifier la validité de l'instrument (Di Falco et al., 2011). Cela consiste à effectuer un test de rejet : une variable est un instrument de sélection valable si elle affecte la décision de participation aux activités de diversification mais n'affecte pas les résultats parmi les ménages non-participants. Le test de validité de l'instrument montre que la proportion des

ménages voisins diversifiant leurs sources de revenus affecte positivement et significativement la participation aux activités de diversification ( $p < 0,01$ ), mais pas le revenu des ménages non-participants (Tableau A2.1). Un autre test de l'analyse de corrélation révèle également que l'instrument sélectionné n'est pas corrélé avec les variables de résultats, ce qui suggère la validité de l'instrument (Tableau A2.2).

Suivant les travaux de Lokshin and Sajaia (2004), les estimations du modèle d'Endogenous Switching Regression (ESR) sont utilisés pour calculer l'effet moyen de la participation aux activités de diversification sur les variables de résultats (ATT).

Pour estimer les impacts de la participation sur les revenus et les dépenses des ménages, nous précisons d'abord les valeurs attendues des variables de résultat. Pour un ménage participant, la valeur observée de la variable de résultat est exprimée comme suit :

$$E(Y_{1i}|D_i = 1) = X_{1i}\beta_1 + \sigma_{1\eta}\lambda_{1i} \quad (2.8)$$

Les valeurs attendues pour le même ménage pastoral s'il décide de ne pas participer (contre-factuel) sont données comme suit :

$$E(Y_{2i}|D_i = 1) = X_{1i}\beta_2 + \sigma_{2\eta}\lambda_{1i} \quad (2.9)$$

L'impact de la participation aux activités de diversification sur les variables de résultat pour les ménages participants, c'est-à-dire l'effet moyen du traitement sur les traités (ATT), est calculé comme la différence entre les équations (2.8) et (2.9).

$$\begin{aligned} ATT &= E(Y_{1i}|D_i = 1) - E(Y_{2i}|D_i = 1) \\ &= X_{1i}(\beta_1 - \beta_2) + (\sigma_{1\eta} - \sigma_{2\eta})\lambda_{1i} \end{aligned} \quad (2.10)$$

## 2.5 Présentation des variables et statistiques descriptives

Le Tableau 2.1 présente la définition et les statistiques descriptives des principales variables de l'étude. La variable dépendante utilisée constitue une variable muette prenant la valeur 1 si le ménage participe aux activités de diversification, et 0 dans le cas d'une non-participation. Le Tableau 2.1 montre qu'environ 30% des ménages pastoraux et agro-pastoraux participent aux activités de diversification. Les variables de résultat de l'étude constituent le revenu et les dépenses de consommation par individu. Le revenu global annuel par individu inclue les revenus provenant de l'élevage, l'agriculture, les salaires, les transferts privés, les subventions, et les activités de diversification après déduction des coûts de production. Le revenu moyen annuel du ménage est de l'ordre de 197 820 FCFA par individu. Nous utilisons également



les dépenses de consommation par individu comme indicateur de bien-être. Notre mesure de la consommation comprend à la fois les dépenses de consommation alimentaire et non alimentaire au cours d'une période de référence de 30 jours précédant l'enquête. Pour les produits alimentaires, les estimations s'effectuent sur la base des quantités achetées et autoconsommées par les ménages. En ce qui concerne les dépenses de consommation non alimentaire, il s'agit de dépenses énergétiques, d'habillement et de produits d'hygiène, de transport, ou encore de frais de communication téléphonique. Les dépenses de consommation au cours de 30 jours par individu sont de l'ordre de 16 712 FCFA.

Deux principales catégories de facteurs déterminent la décision d'un ménage de participer aux activités de diversification : d'une part, les facteurs incitatifs à l'accroissement potentiel du revenu et d'autre part, des risques de production liés aux activités agricoles (FAO, 1998). Ces déterminants se reflètent dans les dotations des ménages en termes de capital humain et d'actifs, à la survenue d'un choc affectant les niveaux de production, et suivant leur localisation (Abdulai and CroleRees, 2001; Barrett et al., 2001; de Janvry et al., 2005; Zhu and Luo, 2010). Nous considérons comme variables l'âge du chef de ménage ainsi que son terme quadratique pour mesurer l'expérience dans les activités. Nous prenons aussi en compte la dimension genre du chef de ménage. L'offre de travail pour les ménages est capturée par la main d'œuvre familiale représentant le nombre d'hommes et de femmes âgés entre 15 et 64 ans. Dans le cadre de l'étude, nous ne considérons que les membres ayant un statut de résident permanent dans le ménage. Nous procédons à une distinction de la main d'œuvre familiale pour évaluer l'impact potentiel de la dimension genre dans la participation aux activités de diversification. La proportion de la main d'œuvre familiale ayant une éducation formelle (primaire, secondaire et universitaire) est également prise en compte avec le rôle potentiel de l'éducation dans la participation aux activités de diversification. Nous incorporons le ratio de dépendance représentant la pression des personnes âgées de moins de 15 ans et de plus de 64 ans sur la main d'œuvre familiale. Le capital social est approximé par l'appartenance ou non à une organisation socio-professionnelle. Nous prenons en compte la survenue d'un choc au cours des 12 mois précédant la période de référence 2015/2016 pour évaluer le caractère incitatif par rapport à la diversification des sources de revenus.

Nous considérons deux variables relatives aux distances : la distance du village au chef-lieu du département, et la distance entre le village et le forage le plus proche. La prise en compte de la distance par rapport au chef-lieu du département permet de saisir l'impact potentiel de la proximité à la principale ville constituant le lieu de concentration des principales activités de diversification. Quant à la distance par rapport au forage, elle est importante dans le cadre pastoral où le forage constitue un des éléments structurants. Le développement des forages s'est accompagné d'une activité économique renforcée et d'une hausse de la population résidant à proximité de ce type d'infrastructure favorisant les opportunités d'activités commerciales.

L'une des principales contributions de cette étude est liée à la prise en compte du rôle du voisinage

dans la diversification des sources de revenus. Nous avons mesuré cet effet par le nombre de ménages diversifiant leurs sources de revenus dans le village, à l'exclusion du ménage considéré pratiquant aussi des activités de diversification.

Les départements sont incorporés avec des variables muettes permettant de saisir l'impact de la localisation. Ces variables permettent de considérer les différences de développement économique, de potentiel agro-pastoral, de dispositions institutionnelles, d'infrastructures, de prix et d'autres caractéristiques non observées propres à la zone. Le département de Linguère est pris comme référence avec la présence d'un des plus grands marchés de bétail en l'occurrence le marché de Dahra polarisant un certain nombre d'activités.

TABLEAU 2.1 – Définition des variables et statistiques descriptives

Variable	Description	Moyenne	Ecart-type
Participation	1 si le ménage participe aux activités de diversification, 0 sinon	0,30	0,46
Revenu du ménage	Revenu global annuel par individu (FCFA)	197 820	240 316
Dépenses de consommation	Dépenses de consommation au cours des 30 derniers jours par individu (FCFA)	16 712	50 033
Age	Age du chef de ménage	52,15	12,44
Genre du chef de ménage	1 si le chef de ménage est un homme	0,96	0,19
Nombre d'hommes	Nombre d'hommes âgés entre 15 et 64 ans	2,85	1,85
Nombre de femmes	Nombre de femmes âgées entre 15 et 64 ans	2,97	1,75
Proportion des individus éduqués	Proportion de la main d'œuvre familiale ayant une éducation formelle (primaire, secondaire et universitaire)	0,11	0,18
Ratio de dépendance	Nombre de personnes âgées de moins de 15 ans et de plus de 65 ans sur la main d'œuvre familiale (15-64 ans)	1,06	0,79
Membre d'organisation	1 si le ménage est membre d'une organisation, 0 sinon	0,39	0,49
Exposition à un choc	1 si le ménage a été affecté par un choc au cours des 12 derniers mois	0,31	0,46
Distance au forage	Distance du village au forage le plus proche (km)	5,80	6,91
Distance à la ville	Distance du village au chef-lieu du département (km)	40,92	29,57
Proportion des voisins participant	Part des ménages voisins participant à des activités de diversification dans le village	0,20	0,18

Le Tableau 2.2 présente les caractéristiques moyennes des deux groupes de ménages participant ou non aux activités de diversification. Les résultats du Tableau 2.2 montrent que les ménages diversifiant leurs sources de revenus disposent d'un revenu par individu supérieur à ceux ne participant pas avec une différence positive et significative de l'ordre de 36 609 FCFA. De même, les ménages diversifiant leurs sources de revenus présentent des dépenses de consommation supérieures aux ménages ne diversifiant pas. Toutefois, cette différence au niveau des dépenses de l'ordre de 1991 FCFA n'est pas significative. Au niveau des caractéristiques socio-démographiques, les ménages diversifiant ont une plus large main d'œuvre familiale et un ratio de dépendance plus faible même si la différence de ce ratio n'est pas significative. Les ménages participant sont davantage membres d'une association socio-professionnelle. Les ménages participant ont également une proportion plus importante de reporter un choc subi lors des 12 derniers mois précédant la saison agro-pastorale 2015/2016. En ce qui concerne les critères liés à la localisation, il apparaît que les ménages participant aux activités de diversification résident dans des villages plus proches des centres urbains et des forages même si ces différences ne sont

pas significatives. En outre, les ménages participant résident dans des villages où le niveau de diversification est supérieur à travers la participation du voisinage en comparaison de ceux ne participant pas aux activités de diversification.

TABLEAU 2.2 – Caractéristiques des ménages participant ou non aux activités de diversification

Variables	Participants (N = 277)	Non-participants (N = 641)	Différence
Revenu du ménage par individu (FCFA)	223 382	186 773	36 609**
Dépenses mensuelles par individu (FCFA)	18 103	16 111	1991
Age du chef de ménage	51	52,65	-1,66*
Genre du chef de ménage	0,96	0,96	0,00
Nombre d'hommes	3,03	2,77	0,26*
Nombre de femmes	3,23	2,86	0,37***
Proportion des individus éduqués	0,12	0,11	0,01
Ratio de dépendance	1,04	1,08	-0,04
Membre d'organisation	0,45	0,36	0,09***
Exposition à un choc	0,37	0,28	0,09***
Distance au forage	5,66	5,89	-0,23
Distance au chef-lieu du département	39,21	41,97	-2,75
Proportion des voisins participant	0,31	0,15	0,16***

Notes : Test d'égalité des moyens entre les deux groupes de ménages. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Ces comparaisons descriptives semblent suggérer que la participation aux activités de diversification joue un rôle important dans l'amélioration du revenu des ménages participant par rapport à ceux non-participant. Toutefois, les résultats du Tableau 2.2 ne peuvent pas se traduire par des déductions concernant l'impact de la participation aux activités de diversification sur le bien-être des ménages. La simple comparaison des différences moyennes ne tient pas compte des facteurs non observables tels que les aptitudes des ménages, les itinéraires techniques, les asymétries d'informations, ou les coûts de transaction pouvant expliquer la participation, d'où l'intérêt de procéder à des mesures d'impacts.

## 2.6 Résultats et discussion

### 2.6.1 Impacts de la diversification sur les inégalités de revenus

La décomposition des inégalités par source de revenus permet d'évaluer la contribution de chaque activité à l'inégalité totale. Cette décomposition consiste à déterminer l'impact marginal d'une source particulière sur l'indice de Gini en termes d'augmentation ou de réduction des inégalités.

Le Tableau 2.3 présente les résultats de la décomposition de l'indice de Gini par sources de revenus. L'indice de Gini est de l'ordre de 0,535 soit dans la même lignée que d'autres

TABLEAU 2.3 – Impacts des sources de revenus dans la génération des inégalités

Sources de revenus	Part dans le revenu total en % ( $S_k$ )	Indice de Gini ( $G_k$ )	Corrélation Gini ( $R_k$ )	Part dans l'inégalité totale en % ( $\frac{S_k G_k R_k}{G}$ )	Élasticités
Revenu agro-pastoral	85,5	0,583	0,952	88,7	0,325**
Pastoralisme	75,3	0,627	0,924	81,54	0,624***
Agriculture	10,2	0,819	0,463	7,23	- 0,299***
Activités indépendantes	7,3	0,878	0,507	6,12	- 0,123**
Activités salariées	2,9	0,933	0,348	1,75	- 0,114***
Transferts privés	4,1	0,943	0,472	3,42	0,068
Subventions	0,1	0,979	- 0,175	0,00	- 0,020***
Revenu global	100	0,535	1	100	

Notes : Technique de Bootstrap pour obtenir la significativité des coefficients. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

études en milieu pastoral au Sénégal le situant à 0,509<sup>1</sup> ou 0,528 (Wane et al., 2009). Ces estimations sont supérieures à celles obtenues au niveau national de l'ordre de 0,440 en 2016. En examinant la part dans le revenu total de chaque source, l'élevage pastoral est l'activité largement dominante (75,3%) suivi de l'agriculture (10,2%) et des activités de indépendantes (7,3%). Les activités salariées contribuent à hauteur de 2,9%. Les autres revenus sont constitués des transferts issus des migrants évalués à une contribution de l'ordre de 4,1% et des subventions issues de programmes de développement ou de l'Etat avec une part marginale de 0,15%. La différence entre la contribution de l'élevage pastoral au revenu global et celle par rapport à l'inégalité totale (respectivement 75,3 contre 81,5%) traduit l'impact positif de l'élevage pastoral dans la génération des inégalités. Cela est confirmé par l'impact marginal positif et significatif du revenu pastoral sur l'indice de Gini. Formellement, une hausse de 10% du revenu pastoral est associé à une augmentation de 0,62% de l'indice de Gini, toutes choses égales par ailleurs. En ce qui concerne les activités indépendantes, leur part dans l'inégalité totale s'établissait à 6,1% soit moins que leur contribution au revenu global de l'ordre de 7,3%. Cela traduit le rôle potentiel des activités indépendantes dans la réduction des inégalités. L'impact marginal et significatif associé à ces activités était de l'ordre de - 0,123% sur l'indice de Gini. Par ailleurs, l'activité agricole est également source de réduction des inégalités dans la zone d'étude. Cela s'explique en partie par le fait que cette activité est favorable au quartile inférieur de la distribution de revenu et contribue fortement à l'autoconsommation des ménages.

Le Tableau 2.4 montre le rôle de la diversification dans la réduction des inégalités sur l'ensemble de la distribution. En prenant en compte la diversification des sources de revenus, l'indice de

1. Voir Chapitre 1 de la thèse

TABLEAU 2.4 – Coefficients de Gini du revenu des ménages par individu avec et sans diversification suivant le quartile de revenu

Coefficients de Gini	Zone d'étude	Premier quartile	Deuxième quartile	Troisième quartile	Quatrième quartile
Avec diversification	0,535*** (0,014)	0,258*** (0,013)	0,117*** (0,004)	0,120*** (0,004)	0,285*** (0,028)
Sans diversification	0,554*** (0,015)	0,294*** (0,016)	0,166*** (0,012)	0,162*** (0,010)	0,312*** (0,028)
Différence moyenne	-0,019*** (0,003)	-0,036*** (0,004)	-0,049*** (0,011)	-0,042*** (0,009)	-0,027*** (0,003)

Notes : Technique de Bootstrap pour obtenir la significativité des coefficients. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

Gini dans la zone d'étude baisse d'environ 3,4%. Cette réduction de l'indice de Gini est plus importante pour les quartiles inférieures avec une baisse de 12,2% pour le premier quartile contre 8,6% pour le quatrième quartile.

Par ailleurs, dans l'Annexe A.2.4, nous présentons une approche alternative à la décomposition des inégalités par sources de revenus en recourant à une approche contrefactuelle.

## 2.6.2 Déterminants de la participation aux activités de diversification

Les Tableaux 2.5 et 2.6 présentent les résultats des régressions des facteurs qui influencent la participation aux activités de diversification et leurs impacts sur le revenu et les dépenses des ménages. Les résultats de l'équation de sélection figurant dans la deuxième colonne de chaque tableau montrent une relation non linéaire de l'âge du chef de ménage. La participation aux activités de diversification augmente avec l'âge du chef de ménage jusqu'à un certain seuil. Cela peut s'expliquer par le fait que les chefs de ménage plus âgés disposent de plus de moyens et d'expérience pour investir dans des activités de diversification pour une partie de leur famille. Cette tendance de l'influence positive de l'âge sur la participation aux activités de diversification est confirmée par les études de Abdulai and CroleRees (2001) dans les zones rurales au Mali, Kousar and Abdulai (2013) au Pakistan et Loison (2019) au Kenya. Toutefois, les résultats contrastent avec l'étude de Berhanu et al. (2007) dans les zones pastorales en Ethiopie où les chefs de ménages plus jeunes sont associés à davantage de diversification de leurs sources de revenu. Le nombre de femmes dans la main d'œuvre familiale a un effet positif et significatif sur la propension à participer aux activités de diversification. Ces résultats sont en adéquation avec le contexte du marché du travail au Sénégal où l'emploi salarié accorde une part plus importante aux hommes qu'aux femmes. Ainsi, les statistiques de l'Agence Nationale de la Statistique et de la démographie au Sénégal (ANSD) montrent un accès à l'emploi salarié plus favorable aux hommes avec une proportion de 77,2% contre 22,8% pour les femmes sur le plan national

ANSD (2019a). En revanche, suivant les mêmes statistiques, les proportions d'hommes et de femmes occupant des activités indépendantes sont très proches respectivement 50,3% et 49,7%. Ces tendances sont également confirmées dans une étude sur la distribution des revenus au sein des ménages ruraux au Ghana et en Ouganda où Canagarajah et al. (2001) ont mis en évidence le fait que les femmes sont davantage impliquées dans les activités indépendantes que dans le salariat.

Le coefficient de la proportion de main d'œuvre ayant une éducation formelle est positif mais non significatif. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les activités indépendantes ont trait à des domaines nécessitant peu de qualification formelle. L'appartenance à une association constituant un proxy du capital social est associée à un coefficient positif et significatif. Les ménages disposant d'un certain réseau social sont plus susceptibles de participer aux activités de diversification. Le coefficient des chocs survenus d'ordre climatique, économique, sanitaire ou sécuritaire est significatif et positif indiquant que les ménages pastoraux et agro-pastoraux qui ont été exposés à des chocs tendent à participer davantage aux activités de diversification. Ces tendances peuvent refléter le fait que les ménages considèrent la possibilité de participer aux activités de diversification comme une stratégie de subsistance pour faire face aux chocs. Nos résultats sont confirmés par les études de Dedehouanou et al. (2018) au Niger pour évaluer la participation aux activités indépendantes en milieu rural et par Dedehouanou and McPeak (2019) dans une étude sur les impacts de la diversification sur la sécurité alimentaire des ménages ruraux au Nigéria.

L'analyse des distances a montré que les ménages à proximité du chef-lieu du département avaient une propension plus forte de participer aux activités de diversification. Une localisation proche de la principale ville est particulièrement propice à la tenue d'activités indépendantes. En outre, les mêmes tendances sont observées pour les ménages à proximité des forages où se tiennent des marchés hebdomadaires et constituent le lieu de concentration de certains commerces.

Les effets du voisinage, mesurés par le nombre de ménages du village participant à des activités de diversification (à l'exclusion du ménage considéré), montrent une association positive et significative avec la diversification. Ces résultats sont confirmés par Rahut et al. (2015) qui ont montré que les ménages ruraux ont une tendance à adopter des stratégies de subsistance basées sur ce que font leurs voisins. Dans une étude sur le milieu rural en Chine, De Janvry et al. (2005) ont montré que la participation des voisins à un emploi non agricole avait un impact positif sur la propension d'un ménage à exercer ce type d'emploi.

### 2.6.3 Déterminants des revenus

Le Tableau 2.5 présente les estimations de l'impact de la participation aux activités de diversification sur le revenu du ménage par individu. Les coefficients de la main d'œuvre familiale sont négatifs et significatifs pour les participants et les non-participants. Une plus grande taille

TABLEAU 2.5 – Déterminants de la participation aux activités de diversification et du revenu des ménages

Variables	Endogenous Switching Regression <sup>a</sup>		
	Sélection	Log du revenu par individu	
		Participants	Non-participants
Age du chef de ménage	0,064** (0,027)	0,064* (0,037)	-0,027 (0,019)
Age du chef de ménage au carré	-0,001*** (0,000)	-0,001* (0,000)	0,001 (0,000)
Genre du chef de ménage	-0,133 (0,195)	0,601*** (0,223)	0,328 (0,227)
Nombre d'hommes	0,024 (0,030)	-0,109*** (0,035)	-0,097*** (0,029)
Nombre de femmes	0,077*** (0,028)	-0,097** (0,039)	-0,070** (0,032)
Proportion d'individus éduqués	0,074 (0,272)	-0,587* (0,301)	-0,259 (0,252)
Ratio de dépendance	-0,010 (0,061)	-0,492*** (0,085)	-0,348*** (0,065)
Membre d'une organisation	0,262*** (0,099)	-0,074 (0,112)	0,019 (0,099)
Exposition à un choc	0,209** (0,104)	0,046 (0,126)	-0,129 (0,099)
Distance au forage	-0,014** (0,006)	-0,009 (0,007)	0,002 (0,010)
Distance à la ville	-0,003** (0,001)	-0,001 (0,003)	0,004** (0,002)
Proportion de voisins participant	0,352*** (0,026)		
Constant	-3,015*** (0,757)	10,816*** (1,119)	12,412*** (0,579)
$\sigma_1$ (Participants)		0,907 (0,067)	
$\rho_1$		-0,275 (0,227)	
$\sigma_2$ (Non-participants)			1,051 (0,047)
$\rho_2$			-0,303* (0,148)
Log (pseudo) likelihood	-1753,4102		
Likelihood ratio of independence $\chi^2$ (2)	6,59**		
Nombre d'observations	918	277	641

Notes : <sup>a</sup> Estimation par la méthode du Full Information Maximum Likelihood (FIML).

Erreurs standard robustes clusterisés au niveau du village entre parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

Des variables muettes représentant les départements ont été incluses dans les régressions.

du ménage augmente l'offre de main-d'œuvre, mais tend à réduire le revenu par individu du ménage. Le ratio de dépendance présente les mêmes tendances de baisse du revenu pour les deux types de ménage. Ces tendances renvoyant au poids de la taille du ménage sur les revenus générés sont confirmées par les études de Manda et al. (2019) au Nigéria et de Ma and Abdulai (2016) dans les zones rurales en Chine. Pour les ménages participant, les revenus tendent à augmenter avec l'âge du chef de ménage jusqu'à un certain point avant d'entamer une baisse.

Pour les ménages non-participant, le coefficient de la variable distance à la ville est positif et significatif. Les ménages pastoraux éloignés de la ville sont associés à des revenus plus élevés pouvant s'expliquer par le fait que cet éloignement leur permet d'avoir accès à de meilleurs pâturages surtout pour les ménages fortement dotés en bétail. De plus, en zone pastorale la majeure partie des ventes s'effectuent au niveau des marchés ruraux à proximité des forages impliquant des intermédiaires et des grands commerçants. Cela peut se traduire par une baisse des coûts liés au transport pour les pasteurs. Des tendances similaires ont été observées dans les zones pastorales au Kenya où les ménages pastoraux disposant de hauts revenus sont plus éloignés des centres urbains (Little et al., 2008; Radeny et al., 2007).

Le test du rapport de vraisemblance pour l'indépendance conjointe des trois équations sont présentés dans le Tableau 2.5. Les résultats du test LR montrent que les équations sont dépendantes. La partie inférieure du Tableau 2.5 présente également les coefficients de corrélation estimés ( $\sigma_1$  et  $\sigma_2$ ) des termes de covariance entre le terme d'erreur  $\mu_i$  dans l'équation de sélection (2.4) et les termes d'erreur  $\epsilon_i$  dans les équations de résultat (2.5a) et (2.5b). Dans les équations relatives aux revenus, seul le coefficient de corrélation pour les non-participants ( $\sigma_2$ ) était significatif, ce qui impliquait la présence d'un biais de sélection. Dans ce cas, la participation aux activités de diversification peut se traduire par des effets différents pour les non-participants, s'ils choisissent de participer. L'utilisation du modèle d'ESR permet de contribuer à la réduction des biais éventuels.

#### 2.6.4 Déterminants des dépenses de consommation

Le Tableau 2.6 présente les estimations de l'impact de la participation aux activités de diversification sur les dépenses de consommation par individu. Pour les ménages non participants, le coefficient du nombre de femmes dans la main d'œuvre familiale est négatif et significatif. Le ratio de dépendance présente aussi les mêmes tendances de baisse de la consommation pour les deux types de ménage. Cela peut suggérer que les bénéfices tirés de la participation aux activités de diversification ne sont pas assez importants pour compenser les coûts liés au fait de subvenir aux besoins de davantage de membres du ménage. Dans une étude sur le rôle de la diversification des sources de revenus au sein des ménages ruraux en Inde, Scharf and Rahut (2014) ont montré une baisse des dépenses de consommation par individu avec un ménage composé de plus d'individus.



TABLEAU 2.6 – Déterminants de la participation aux activités de diversification et des dépenses consommation des ménages

Variables	Endogenous Switching Regression <sup>a</sup>		
	Sélection	Log de la consommation par individu	
		Participants	Non-participants
Age du chef de ménage	0,065** (0,027)	-0,010 (0,046)	-0,033* (0,018)
Age du chef de ménage au carré	-0,001 (0,000)	-0,001 (0,000)	0,001* (0,000)
Genre du chef de ménage	-0,131 (0,198)	0,645 (0,466)	0,144 (0,282)
Nombre d'hommes	0,022 (0,030)	-0,007 (0,046)	-0,036 (0,026)
Nombre de femmes	0,077*** (0,029)	0,022 (0,041)	-0,113*** (0,031)
Proportion d'individus éduqués	0,084 (0,272)	-0,157 (0,306)	0,111 (0,194)
Ratio de dépendance	-0,008 (0,064)	-0,201* (0,105)	-0,330*** (0,053)
Membre d'une organisation	0,273*** (0,101)	0,076 (0,138)	0,050 (0,092)
Exposition à un choc	0,205** (0,103)	-0,032 (0,153)	-0,192** (0,082)
Distance au forage	-0,013** (0,006)	-0,020** (0,008)	0,013* (0,007)
Distance à la ville	-0,003** (0,001)	0,007** (0,003)	0,006*** (0,002)
Proportion de voisins participant	0,350*** (0,026)		
Constant	-3,045*** (0,766)	8,521*** (1,434)	10,418*** (0,674)
$\sigma_1$ (Participants)		1,079 (0,078)	
$\rho_1$		0,143 (0,181)	
$\sigma_2$ (Non-participants)			0,912 (0,042)
$\rho_2$			-0,100 (0,191)
Log (pseudo) likelihood	-1727,2568		
Likelihood ratio of independence $\chi^2$ (2)	1,11		
Nombre d'observations	918	277	641

Notes : <sup>a</sup> Estimation par la méthode du Full Information Maximum Likelihood (FIML).

Erreurs standard robustes clusterisés au niveau du village entre parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

Des variables muettes représentant les départements ont été incluses dans les régressions.

L'exposition à un choc est associée à un effet négatif et significatif sur les dépenses de consommation des ménages pour les non-participants. Cela peut s'expliquer par le fait que la survenue d'un choc se traduit par des impacts plus importants chez les ménages non-participants dépendant uniquement des revenus issus des activités agro-pastorales.

Le coefficient associé à la distance par rapport à la principale ville est positive et significative. Les dépenses de consommation des ménages tend à augmenter avec l'éloignement par rapport aux centres urbains pouvant découler de coûts de transports élevés.

### 2.6.5 Estimation des effets de la participation

Le Tableau 2.7 présente les résultats des revenus et des dépenses de consommation dans le cas de la situation observée et dans des scénarios contrefactuels.

Les résultats montrent que l'effet moyen de la participation aux activités de diversification sur les ménages participant (ATT) est positif et significatif de l'ordre de 0,83. En moyenne, les ménages participant augmentent leur revenu d'environ 7,50% dans le cadre d'une participation comparativement à un scénario contrefactuel d'absence de diversification. Ces résultats impliquent que la participation aux activités de diversification augmente les revenus des ménages. De même, la participation aux activités de diversification augmente les dépenses de consommation pour les ménages participant (ATT = 0,13) soit une hausse de 1,46%.

Des tendances similaires sont confirmés par de Janvry et al. (2005) dans une étude sur le rôle des activités non agricoles dans la réduction de la pauvreté et l'amélioration des revenus en milieu rural en Chine.

TABLEAU 2.7 – Effets de la participation sur les revenus et les dépenses (ATT)

Variables de résultats	Résultats moyens <sup>1</sup>		Effets du traitement (ATT)	Changement (%)
	Participation	Pas de participation		
Revenus	11,89 (0,024)	11,06 (0,025)	0,83*** (0,018)	7,50
Dépenses de consommation	9,03 (0,018)	8,90 (0,024)	0,13*** (0,026)	1,46

Notes : Erreurs standard robustes entre parenthèses. \*\*\*  $p < 0.01$ .

<sup>1</sup> Etant donné que les variables de résultats constituent les logarithmes du revenu et des dépenses de consommation par individu, les prédictions sont également présentées sous forme de logarithmes. La conversion des données en valeurs monétaires entraînerait des inexactitudes, en raison de l'inégalité des moyennes arithmétiques et géométriques (Ma and Abdulai, 2016).

Nous étendons également l'analyse de la participation aux activités de diversification sur différentes catégories d'éleveurs suivant leur dotation en bétail exprimée en Unité de Bétail Tropical <sup>2</sup>

2. 1 UBT par camelin, 0.73 UBT par bovin et 0.12 UBT par petit ruminant (ovin et caprin) - Voir norme Boudet

(UBT) par individu. Cette catégorisation est effectuée en se basant sur différents travaux (Little et al., 2008; Mburu et al., 2017) distinguant 4 groupes d'éleveurs suivant la dotation en bétail. De même, nous opérons une distinction sur le système de production en considérant les pasteurs et les agro-pasteurs.

Les résultats présentés dans le Tableau 2.8 montrent que la participation aux activités de diversification a un effet positif et significatif sur le revenu et les dépenses de consommation des ménages pour les différentes catégories d'éleveurs. Les résultats du Tableau 2.8 révèlent également que les effets de la participation sur le revenu des ménages tendent à diminuer avec l'augmentation de la taille du cheptel en passant de 8,07 à 7,21%. Il en est de même pour les dépenses de consommation avec un effet de la participation autour de 2,88% pour les petits éleveurs contre 0,46% pour les très gros éleveurs. De manière générale, les résultats du Tableau 2.8 suggèrent que les petits éleveurs moins dotés en bétail bénéficient davantage de la participation aux activités de diversification comparativement aux plus gros éleveurs. Ces tendances sont confirmées par les études de Mburu et al. (2017) dans les zones pastorales au Kenya qui mettent en évidence une diversification des sources de revenus plus importante pour les ménages pastoraux disposant d'un plus faible capital en bétail. En ce qui concerne les systèmes de production, l'effet de la diversification est positif et significatif pour les deux types avec une amplitude plus importante pour les agro-pasteurs comparativement aux pasteurs (7,93% contre 6,88%). Les mêmes tendances sont observées pour les dépenses de consommation avec un impact positif et significatif uniquement pour les agro-pasteurs.

TABLEAU 2.8 – Effets de la participation par catégorie d'éleveurs

Variables de résultats	Catégories	Décision		Effets du traitement (ATT)	Changement (%)
		Participation	Pas de participation		
<i>Catégories d'éleveurs suivant la dotation de bétail</i>					
Revenus	Petits (ubt/ind < 1)	11,65 (0,061)	10,78 (0,052)	0,87*** (0,047)	8,07
	Moyens (1 < ubt/ind < 2)	11,82 (0,053)	10,97 (0,061)	0,85*** (0,049)	7,74
	Gros (2 < ubt/ind < 4,5)	11,91 (0,043)	11,09 (0,039)	0,82*** (0,029)	7,39
	Très gros (ubt/ind > 4,5)	12,05 (0,036)	11,24 (0,038)	0,81*** (0,028)	7,21
Dépenses de consommation	Petits (ubt/ind < 1)	8,94 (0,041)	8,69 (0,051)	0,25*** (0,065)	2,88
	Moyens (1 < ubt/ind < 2)	8,95 (0,048)	8,79 (0,064)	0,16*** (0,076)	1,82
	Gros (2 < ubt/ind < 4,5)	9,08 (0,034)	8,95 (0,039)	0,13*** (0,042)	1,45
	Très gros (ubt/ind > 4,5)	9,07 (0,030)	9,03 (0,041)	0,04*** (0,041)	0,46
<i>Catégories d'éleveurs suivant le système de production</i>					
Revenus	Pasteurs	11,96 (0,036)	11,19 (0,033)	0,77*** (0,024)	6,88
	Agro-pasteurs	11,85 (0,033)	10,97 (0,032)	0,87*** (0,024)	7,93
Dépenses de consommation	Pasteurs	8,99 (0,034)	8,97 (0,029)	0,02 (0,035)	0,22
	Agro-pasteurs	9,07 (0,024)	8,84 (0,033)	0,23*** (0,035)	2,60

Notes : Erreurs standard robustes entre parenthèses. \*\*\*  $p < 0.01$ .

## 2.7 Analyse de robustesse

Nous avons mené une analyse complémentaire avec la méthode d'appariement par les scores de propension étant donné que l'Endogenous Switching Regression (ESR) peut être sensible au choix de l'instrument d'identification. Dans notre étude, nous avons recours à deux des méthodes d'appariement les plus utilisées : le plus proche voisin (NNM) et le noyau ou kernel (KBM). Nous complétons cette approche en utilisant l'Inverse Probability Weighted Adjusted Regression (IPWRA). Selon Wooldridge (2010), les estimations de l'IPWRA sont appropriées en présence d'une spécification erronée dans le modèle de sélection ou des résultats. Cette approche permet d'évaluer la robustesse des estimations obtenues avec l'appariement par les scores de propension.

La Figure 2.2 indique la présence d'un support commun suffisant entre le groupe traité et le groupe de comparaison, c'est-à-dire qu'il y a un chevauchement important dans la distribution de la probabilité estimée d'adhésion des participants et des non-participants. Les observations hors de la région de support commun de l'ordre de 4 sont supprimées de l'échantillon. L'effet du traitement est estimé sur un échantillon final de 914 ménages dont 273 participants et 641 non-participants.

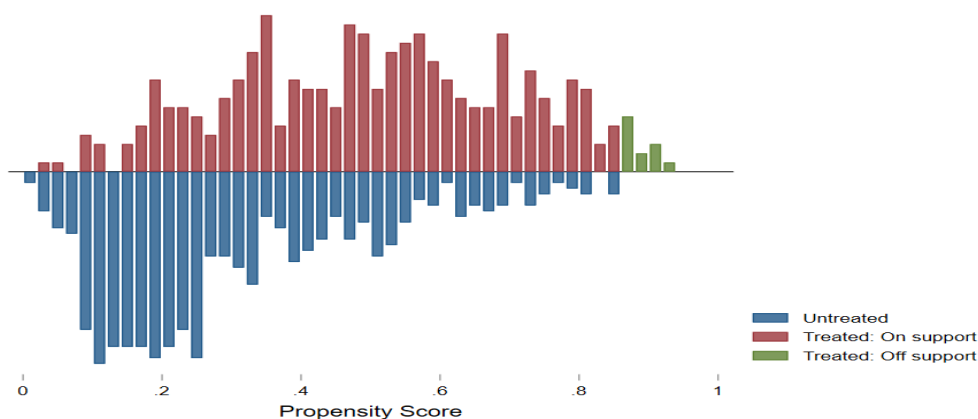


FIGURE 2.2 – Distribution des scores de propension et support commun pour la participation aux activités de diversification

Notes : « Treated : On support » indique les observations dans le groupe de participants qui sont appropriés pour une comparaison et « Treated : Off support » les observations dans le groupe de participants qui ne sont pas appropriés pour une comparaison.

Le Tableau 2.9 présente les estimations des effets moyens de la participation aux activités de diversification par les méthodes d'appariement par les 5 plus proches voisins (NNM), par le noyau (KBM) et l'Inverse Probability Weighted Regression Adjusted (IPWRA). Les résultats montrent que l'effet de la participation est positif et significatif pour les trois approches. Les résultats de l'effet de la participation découlant de l'Endogenous Switching Regression (ESR) sont supérieurs à ceux obtenus avec les méthodes d'appariement. Cela peut s'expliquer par la

prise en compte des caractéristiques non observables dans le cadre de l'ESR. En revanche, les estimations obtenues pour les dépenses de consommation ne sont pas significatives.

TABLEAU 2.9 – Estimations des effets de la diversification sur les revenus et les dépenses de consommation avec le matching et l'IPWRA

Variables de résultats	Méthodes	Décision		
		Diversification	Pas de diversification	Effets du traitement (ATT)
Revenus	NNM <sup>a</sup>	11,89 (0,07)	11,57 (0,09)	0,32*** (0,09)
	KBM <sup>b</sup>	11,89 (0,07)	11,58 (0,08)	0,31*** (0,09)
	IPWRA <sup>c</sup>	11,89 (0,06)	11,59 (0,07)	0,30*** (0,08)
Dépenses de consommation	NNM <sup>a</sup>	9,03 (0,08)	8,99 (0,09)	0,04 (0,10)
	KBM <sup>b</sup>	9,03 (0,07)	9,02 (0,08)	0,01 (0,08)
	IPWRA <sup>c</sup>	9,03 (0,06)	9,06 (0,07)	-0,03 (0,08)

Notes : Les estimations ATT sont basées sur <sup>a</sup> Nearest Neighbour Matching avec caliper = 0,05 en considérant les 5 voisins les plus proches, <sup>b</sup> Kernel Based Matching avec band width = 0,06 et <sup>c</sup> Inverse Probability Weighted Regression Adjusted (IPWRA). Les erreurs standard (entre parenthèses) sont estimées en utilisant le bootstrap avec 500 répliques \*\*\*  $p < 0.01$ . Avec l'appariement, une condition de support commun est imposée et l'échantillon apparié comprend 337 participants et 568 non-participants. Les estimations ont été effectuées avec la commande Stata *psmatch2*.

## 2.8 Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact de la participation aux activités de diversification sur les niveaux de revenus, les dépenses de consommation et les inégalités en milieu pastoral au Sénégal. La diversification des sources de revenus considérée a trait aux activités indépendantes notamment commerciales. L'étude s'est appuyée sur des données d'enquêtes du projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS) sur un échantillon de 918 ménages lors de la campagne agro-pastorale 2015/2016. Même si l'élevage pastoral demeure la principale activité économique dans ces zones, la participation aux activités de diversification prend de plus en plus d'ampleur comparativement à des études antérieures. L'analyse montre que près de 30% des ménages participent aux activités de diversification qui contribuent pour plus de 7,5% aux revenus dans l'ensemble de la zone d'étude. L'impact causal de la participation aux activités de diversification a été estimé en s'appuyant sur le modèle d'Endogenous Switching Regression (ESR) ou modèle à changement de régime.

L'analyse des inégalités à travers la décomposition de l'indice de Gini par sources de revenus a mis en relief le rôle des activités de diversification en termes de réduction des inégalités.

Par la suite, les résultats de l'ESR montrent que la participation aux activités de diversification se traduit par un niveau de revenu supérieur pour les ménages participant comparativement au schéma contrefactuel de non-participation. La participation aux activités de diversification permet aux ménages participant d'augmenter leur revenu d'environ 7,50% et leurs dépenses de consommation de 1,46%. En considérant une différenciation suivant les catégories d'éleveurs avec la dotation de bétail, l'effet de la participation aux activités de diversification est plus importante pour les petits éleveurs comparativement à la catégorie des très gros éleveurs. Ce résultat tend à suggérer que la diversification des sources de revenus bénéficie davantage aux ménages pastoraux moins dotés en bétail et permet d'améliorer leur niveau de revenu. L'effet positif et significatif de la participation aux activités de diversification est confirmé en s'appuyant sur la méthode d'appariement par les scores de propension.

Concernant les déterminants de la participation aux activités de diversification, la taille de la main d'œuvre familiale, la proximité aux centres urbains, l'appartenance à une association ou encore la survenue d'un choc tendent à accroître la propension des ménages à diversifier leurs sources de revenus. De plus, l'étude a mis en exergue le rôle potentiel du voisinage dans l'adoption de stratégies de diversification par les ménages.

En termes d'implications politiques, il convient d'encourager des initiatives de diversification des sources de revenus en milieu pastoral. Etant donné que les activités indépendantes sont peu qualifiées, il peut être bénéfique de promouvoir des formations pour accroître le niveau de compétences des ménages.

Cette étude s'est appuyée sur une approche économétrique permettant de prendre en compte l'endogénéité de la participation aux activités non agro-pastorales. Toutefois, la diversification des sources de revenu constitue un processus dynamique qui nécessite de s'appuyer sur des données de panel pour mieux saisir les facteurs de changement dans les systèmes pastoraux.

## Références

- Abdulai, A. and CroleRees, A. (2001). Determinants of income diversification amongst rural households in southern mali. *Food Policy*, 26(4) :437–452.
- Ackah, C. (2013). Nonfarm employment and incomes in rural ghana. *Journal of International Development*, 25(3) :325–339.
- Adams, R. H. J. (1989). Worker remittances and inequality in rural egypt. *Economic Development and Cultural Change*, 38(1) :45–71.
- Adams, R. H. J. (2002). Nonfarm income, inequality, and land in rural egypt. *Economic Development and Cultural Change*, 50(2) :339–363.
- Adjognon, G. S., Liverpool-Tasie, S. L., De La Fuente, A., and Benfica, R. (2017). Rural non-farm employment and household welfare : evidence from malawi. Technical report.
- Adriansen, H. K. (2006). Continuity and change in pastoral livelihoods of senegalese fulani. *Agriculture and Human Values*, 23(2) :215–229.
- Alary, V., Corniaux, C., and Gautier, D. (2011). Livestock’s contribution to poverty alleviation : How to measure it? *World Development*, 39(9) :1638–1648.
- ANSD (2016). Situation économique et sociale de la région de louga 2015. Technical report, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2018). Situation économique et sociale de la région de tambacounda 2015. Technical report, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2019a). Rapport de l’enquête sur l’emploi, la rémunération et les heures de travail au sénégal (eerh 2018). Technical report, Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD).
- ANSD (2019b). Situation économique et sociale de la région de kaffrine 2016. Technical report, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2019c). Situation économique et sociale de la région de matam 2016. Technical report, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2019d). Situation économique et sociale de la région de saint-louis 2016. Technical report, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- Babatunde, R. O. and Qaim, M. (2009). Poverty and income inequality in rural nigeria : The role of off-farm income diversification. In *PEGNet Conference*.



- Barham, B. and Boucher, S. (1998). Migration, remittances, and inequality : estimating the net effects of migration on income distribution. *Journal of Development Economics*, 55(2) :307–331.
- Barrett, C., Reardon, T., and Webb, P. (2001). Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural africa : concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy*, 26(4) :315–331.
- Berg, M. V. D. and Kumbi, G. E. (2006). Poverty and the rural nonfarm economy in oromia, ethiopia. *Agricultural Economics*, 35(s3) :469–475.
- Berhanu, W., Colman, D., and Fayissa, B. (2007). Diversification and livelihood sustainability in a semi-arid environment : A case study from southern ethiopia. *The Journal of Development Studies*, 43(5) :871–889.
- Bignebat, C. and Sakho-Jimbira, M. S. (2013). Migrations et diversification des activités économiques locales : étude du bassin arachidier du sénégal. *Mondes en développement*, n° 164(4) :93.
- Block, S. and Webb, P. (2001). The dynamics of livelihood diversification in post-famine ethiopia. *Food Policy*, 26(4) :333–350.
- Canagarajah, S., Newman, C., and Bhattamishra, R. (2001). Non-farm income, gender, and inequality : evidence from rural ghana and uganda. *Food Policy*, 26(4) :405–420.
- de Haan, C., editor (2016). *Prospects for Livestock-Based Livelihoods in Africa's Drylands*. The World Bank.
- de Janvry, A., Sadoulet, E., and Zhu, N. (2005). The role of non-farm incomes in reducing rural poverty and inequality in china. Technical report, University of California at Berkeley.
- Dedehouanou, S. F. A., Araar, A., Ousseini, A., Harouna, A. L., and Jabir, M. (2018). Spillovers from off-farm self-employment opportunities in rural niger. *World Development*, 105 :428–442.
- Dedehouanou, S. F. A. and McPeak, J. (2019). Diversify more or less? household income generation strategies and food security in rural nigeria. *The Journal of Development Studies*, 56(3) :560–577.
- Di Falco, S., Veronesi, M., and Yesuf, M. (2011). Does adaptation to climate change provide food security? a micro-perspective from ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3) :829–846.

- Diop, A. T., Mbengue, A., Ndiaye, A., Diagne, K., and Diouf, G. (2014). Rapport d'évaluation du projet régional d'appui au pastoralisme au sahel (praps) - volet sénégal. Technical report, MEPA.
- Ellis, F. (2000). *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*. Oxford University Press.
- FAO (1998). The state of food and agriculture : Rural non-farm income in developing countries. FAO Agricultural Series 31, FAO.
- Haggblade, S., Hazell, P. B., and Reardon, T. (2007). *Transforming the rural nonfarm economy : Opportunities and threats in the developing world*. Intl Food Policy Res Inst.
- Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47(1) :153.
- Kijima, Y., Matsumoto, T., and Yamano, T. (2006). Nonfarm employment, agricultural shocks, and poverty dynamics : evidence from rural uganda. *Agricultural Economics*, 35(s3) :459–467.
- Kousar, R. and Abdulai, A. (2013). Impacts of rural non-farm employment on household welfare in pakistan. In *2nd AIEAA Conference—Between Crisis and Development : which Role for the Bio-Economy*. Parma.
- Kumar, A., Mishra, A. K., Sonkar, V. K., Saroj, S., Kumar, A., Mishra, A. K., Sonkar, V. K., and Saroj, S. (2020). Access to credit and economic well-being of rural households : Evidence from eastern india.
- Lerman, R. I. and Yitzhaki, S. (1985). Income inequality effects by income source : A new approach and applications to the united states. *The Review of Economics and Statistics*, 67(1) :151.
- Little, P. D., McPeak, J., Barrett, C. B., and Kristjanson, P. (2008). Challenging orthodoxies : Understanding poverty in pastoral areas of east africa. *Development and Change*, 39(4) :587–611.
- Little, P. D. and McPeak, J. G. (2014). Resilience and pastoralism in africa south of the sahara, with a particular focus on the horn of africa and the sahel, west africa. In *conference paper*, volume 9.
- Loison, S. A. (2019). Household livelihood diversification and gender : Panel evidence from rural kenya. *Journal of Rural Studies*, 69 :156–172.
- Loison, S. A. and Bignebat, C. (2017). Patterns and determinants of household income diversification in rural senegal and kenya. *Journal of Poverty Alleviation and International Development*, 8(1) :93–126.

- Lokshin, M. and Sajaia, Z. (2004). Maximum likelihood estimation of endogenous switching regression models. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 4(3) :282–289.
- López-Feldman, A. (2006). Decomposing inequality and obtaining marginal effects. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 6(1) :106–111.
- Ma, W. and Abdulai, A. (2016). Does cooperative membership improve household welfare? evidence from apple farmers in china. *Food Policy*, 58 :94–102.
- Maddala, G. S. and Nelson, F. D. (1975). Switching regression models with exogenous and endogenous switching. *Proceedings of the American Statistical Association*, 5 :423–426.
- Manda, J., Alene, A. D., Tufa, A. H., Abdoulaye, T., Wossen, T., Chikoye, D., and Manyong, V. (2019). The poverty impacts of improved cowpea varieties in nigeria : A counterfactual analysis. *World Development*, 122 :261–271.
- Manoli, C., Ancey, V., Corniaux, C., Ickowicz, A., Dedieu, B., and Moulin, C. (2014). How do pastoral families combine livestock herds with other livelihood security means to survive? the case of the ferlo area in senegal. *Pastoralism : Research, Policy and Practice*, 4(1) :3.
- Marchetta, F. (2008). Migration and non farm activities as income diversification strategies : the case of northern ghana. Technical report, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze Economiche.
- Mburu, S., Otterbach, S., Sousa-Poza, A., and Mude, A. (2017). Income and asset poverty among pastoralists in northern kenya. *The Journal of Development Studies*, pages 1–16.
- Nega, F., Marysse, S., Tollens, E., and Mathijs, E. (2009). Diversification, income inequality and social capital in northern ethiopia. In *2020 China Conference : Taking Action for the World's Poor*.
- Radeny, M., Nkedianye, D., Kristjanson, P., and Herrero, M. (2007). Livelihood choices and returns among pastoralists : evidence from southern kenya. *Nomadic Peoples*, 11(2) :31–55.
- Rahut, D. B., Jena, P. R., Ali, A., Behera, B., and Chhetri, N. B. (2015). Rural nonfarm employment, income, and inequality : Evidence from bhutan. *Asian Development Review*, 32(2) :65–94.
- Reardon, T. and Taylor, J. (1996). Agroclimatic shock, income inequality, and poverty : Evidence from burkina faso. *World Development*, 24(5) :901–914.
- Scharf, M. M. and Rahut, D. B. (2014). Nonfarm employment and rural welfare : Evidence from the himalayes. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(4) :1183–1197.

- Shorrocks, A. F. (1982). Inequality decomposition by factor components. *Econometrica*, 50(1) :193.
- Stark, O., Taylor, J. E., and Yitzhaki, S. (1986). Remittances and inequality. *The Economic Journal*, 96(383) :722.
- Touré, I., Diop, A., and Diouf, A. (2003). Dynamic analysis of landscapes and landcovers for the knowledge and evolution of the pastoral ecosystems in the ferlo-senegal. In *Proceeding of the VII International Rangelands Congress, Editions N. Allsopp ISBN number 0-958-45348-9*, pages 134–136.
- Tsegaye, D., Vedeld, P., and Moe, S. (2013). Pastoralists and livelihoods : A case study from northern afar, ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 91 :138–146.
- Tufa, A. H., Alene, A. D., Manda, J., Akinwale, M., Chikoye, D., Feleke, S., Wossen, T., and Manyong, V. (2019). The productivity and income effects of adoption of improved soybean varieties and agronomic practices in malawi. *World Development*, 124 :104631.
- Wane, A., Ancey, V., Touré, I., Ndiobène Kâ, S., and Diao Camara, A. (2010). L'économie pastorale face aux incertitudes. le salariat au ferlo (sahel sénégalais). *Cahiers Agricultures*, 19(5) :359–365.
- Wane, A., Touré, I., and Ancey, V. (2009). Assets of the market, assets of the rural world : Pastoral market income distribution in the senegalese sahel (ferlo). *Journal of income distribution*, 18(3-4) :232–248.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.
- Zhu, N. and Luo, X. (2006). Nonfarm activity and rural income inequality : A case study of two provinces in china. Technical report, World Bank.
- Zhu, N. and Luo, X. (2010). The impact of migration on rural poverty and inequality : a case study in china. *Agricultural Economics*, 41(2) :191–204.

## Annexes du Chapitre 2

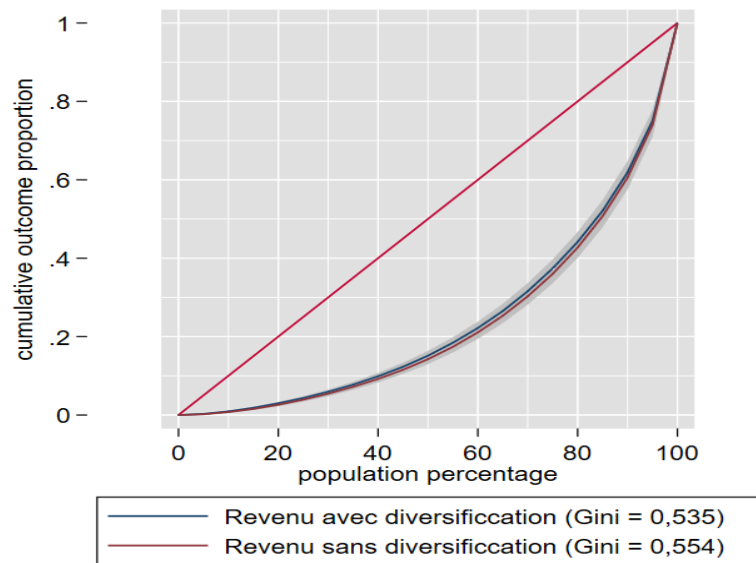
### A.2.1 – Estimation de la participation aux activités de diversification et équations de revenus

	Probabilité de participation (D =1)	Pour les ménages non-participant	
		Sans ratio de Mills	Avec ratio de Mills
Age du chef de ménage	0,063** (0,026)	-0,020 (0,019)	-0,033* (0,019)
Age du chef de ménage au carré	-0,001*** (0,000)	0,000 (0,000)	0,000* (0,000)
Genre du chef de ménage	-0,120 (0,233)	0,311 (0,222)	0,335 (0,230)
Nombre d'hommes adultes	0,023 (0,032)	-0,093*** (0,029)	-0,097*** (0,029)
Nombre de femmes adultes	0,076** (0,031)	-0,061* (0,031)	-0,075** (0,031)
Proportion d'individus éduqués	0,084 (0,262)	-0,246 (0,256)	-0,264 (0,245)
Ratio de dépendance	-0,006 (0,071)	-0,349*** (0,064)	-0,348*** (0,065)
Membre d'une organisation	0,270*** (0,101)	0,056 (0,100)	0,006 (0,093)
Exposition à un choc	0,206** (0,100)	-0,103 (0,100)	-0,141 (0,092)
Distance au forage	-0,013* (0,007)	0,001 (0,007)	0,004 (0,006)
Distance au chef-lieu du département	-0,003* (0,002)	0,004* (0,002)	0,005*** (0,002)
Proportion de voisins participant	0,350*** (0,026)	0,064 (0,040)	
Inverse du ratio de Mills			-0,245** (0,119)
Constant	-3,016*** (0,750)	12,283*** (0,574)	13,048*** (0,670)

Notes : Erreurs standard robustes clusterisés au niveau du village entre parenthèses. \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

## A.2.2 – Test de corrélation entre les variables de résultats et l'instrument

Variables dépendantes	Variable d'instrument	Corrélation	p-Value
Revenu du ménage	Proportion des voisins participant	0,111	0,001
Dépenses de consommation		-0,005	0,889



A.2.3 – Courbes de Lorenz de la distribution des revenus avec et sans diversification

### A.2.4 - Approche alternative d'évaluation des inégalités

Dans le cadre de l'analyse des inégalités, nous recourons à une analyse alternative pour combler les limites de la décomposition des sources de revenus liés notamment à l'utilisation de données transversales (Scharf and Rahut, 2014). Nous adoptons une approche basée sur l'estimation d'un revenu contrefactuel (Adams, 1989; Barham and Boucher, 1998; de Janvry et al., 2005; Zhu and Luo, 2010) consistant en trois étapes. Premièrement, nous estimons les équations de revenus en s'appuyant sur les données observées. Deuxièmement, nous utilisons les équations de revenus obtenues pour simuler les revenus potentiels si les ménages pastoraux ou agro-pastoraux n'avaient pas participé à des activités de diversification. En troisième lieu, il s'agira de comparer la distribution des revenus simulés (somme des revenus potentiels en cas de non participation à des activités de diversification et des revenus observés pour les ménages ne pratiquant pas la diversification des activités) et celle des revenus observés avec la présence des revenus issus des activités de diversification.

Nous considérons deux types de régimes pour les ménages pastoraux : les ménages ne participant pas aux activités de diversification correspondant au régime 0 et ceux diversifiant leurs sources de revenus relevant du régime 1. Nous nous intéressons au revenu total prédit pour chaque ménage  $i$  relevant du régime 0 :  $y_{0i}$ . Pour les ménages ne participant pas aux activités de diversification, cela correspond à leurs revenus observés :  $y_i$ , quant aux ménages diversifiant leurs revenus, cela correspond au revenu potentiel en l'absence de recours à d'autres activités. La prédiction du revenu  $y_{0i}$  passera par deux étapes : en premier lieu, une estimation de la génération des revenus des ménages en considérant le régime 0 et en second lieu, la génération d'un contrefactuel  $\hat{y}_{0i}$  pour le ménage  $i$  en utilisant l'espérance de la moyenne conditionnelle et la variance du revenu.

L'un des points importants dans le recours à cette approche contrefactuelle est lié à la sélection endogène des ménages participant aux activités de diversification. Si ces derniers se répartissaient de manière aléatoire parmi les différents ménages pastoraux, il suffirait d'estimer une équation de revenus avec MCO et de générer des revenus contrefactuels dans un scénario sans diversification.

Etant donné que les ménages participant aux activités de diversification et ceux n'y participant peuvent différer grandement au niveau de leurs caractéristiques, l'estimation du modèle dans le régime 0 est effectué à partir d'une sélection :

$$D_i^* = \alpha Z_i + \epsilon_i \quad D_i = 1 \iff D_i^* > 0; D_i = 0 \iff D_i^* \leq 0$$

$$\log y_{0i} = \beta_0 X_i + \mu_{0i} \text{ observé pour } D_i = 0 \quad (2.11)$$

où  $D_i^*$  constitue une variable continue latente ;  $D_i$  est une variable binaire observée, qui est égal à 1 si le ménage participe aux activités de diversification et 0 s'ils n'y participent pas ;  $Z_i$  et  $X_i$  sont des vecteurs de variables indépendantes des équations de participations et de revenus ; et  $(\epsilon_i, \mu_i)$  sont des termes inobservés suivant une distribution normale bivariée. Cette hypothèse



de distribution sur les termes inobservés, conditionnelle à la participation au groupe, implique que :

$$E(\log y_{0i} | D_i) = \beta_0 X_i + \gamma_0 \lambda_i,$$

$$\text{avec } \lambda_i = E(\epsilon_i | D_i) = \begin{cases} -\phi(\alpha Z_i) / (1 - \phi(\alpha Z_i)) & D_i = 0 \\ \phi(\alpha Z_i) / \phi(\alpha Z_i) & D_i = 1 \end{cases} \quad (2.12)$$

L'inverse du rapport de Mills,  $\lambda_i$ , mesure la valeur espérée de la contribution des caractéristiques inobservées sur la décision de participer à la diversification, conditionnellement à la participation observée (Heckman, 1979). Nous estimons le modèle avec la procédure en deux étapes d'Heckman.

Dans un premier temps, à partir de l'équation (4), nous estimons la valeur  $\hat{\lambda}_i$  pour  $\lambda_i$ , en remplaçant  $\alpha$  avec la valeur estimée  $\hat{\alpha}$  dans l'équation (5). Le logarithme du revenu en régime 0 est estimée pour le groupe  $D_i = 0$

$$\log y_{0i} = \beta_0 X_i + \gamma_0 \hat{\lambda}_i + \mu_{0i} \text{ pour } D_i = 0 \quad (2.13)$$

avec  $E(\mu_{0i} | D_i) = 0$ ,  $\text{var}(\mu_{0i} | D_i) = \sigma_0^2$ . Pour ce sous-échantillon,  $y_{0i}$  constitue le revenu par individu équivalent à celui observé  $y_i$ .

Dans un second temps, en utilisant les paramètres estimés, nous pouvons prédire le logarithme du revenu par individu,  $\log \hat{y}_{0i}$ , pour tous les ménages  $i$ . L'équation (6) inclut deux termes : une valeur espérée conditionnelle,  $E \log y_{0i} = \beta_0 X_i + \gamma_0 \hat{\lambda}_i$ , qui est basée sur des caractéristiques observables du ménage, et un terme inobservé  $\mu_{0i}$ . Une prédiction de la valeur conditionnelle observée du revenu du ménage dans le groupe 0 est telle que :

$$\hat{E} \log y_{0i} = \hat{\beta}_0 X_i + \hat{\gamma}_0 \hat{\lambda}_i$$

Il convient de noter que le fait de s'appuyer uniquement sur les valeurs conditionnelles espérées pour prédire le revenu pourrait conduire à une sous-estimation de la variance. Cela aura pour conséquence une distribution moins inégalitaire entre les revenus prédits et ceux observés (Barham and Boucher, 1998; de Janvry et al., 2005; Zhu and Luo, 2010). Dans un tel contexte, Barham and Boucher (1998) proposent de rajouter une composante aléatoire au revenu prédit pour générer une distribution complète du revenu en prenant en compte les termes inobservés pour les ménages participant aux activités de diversification. Pour prendre en compte les caractéristiques de ces ménages, nous nous appuyons sur les travaux de de Janvry et al. (2005) et Zhu and Luo (2010) pour construire une variable aléatoire telle que :

$$\hat{\mu}_{0i} = \hat{\sigma}_0 \phi^{-1}(r)$$

où  $\hat{\sigma}_0$  représente le terme d'erreur pour le groupe des ménages ne participant pas à des activités de diversification,  $r$  constitue un nombre aléatoire compris entre 0 et 1, et  $\phi^{-1}$  est l'inverse de la fonction de probabilité cumulative d'une loi normale.

Par la suite, les logarithmes des revenus prédits pour tous les ménages dans le cadre du régime 0 sont tels que :

$$\log \hat{y}_{0i} = \begin{cases} \log y_i = \hat{\beta}_0 X_i + \hat{\gamma}_0 \hat{\lambda}_i + \mu_{0i} & \text{pour } D_i = 0 \\ \hat{E} \log y_{0i} + \hat{\mu}_{0i} = \hat{\beta}_0 X_i + \hat{\gamma}_0 \hat{\lambda}_i + \hat{\mu}_{0i} & \text{pour } D_i = 1 \end{cases} \quad (2.14)$$

et le revenu prédit obtenu dans le régime 0 sera  $\hat{y}_{0i} = \exp(\log \hat{y}_{0i})$ .

Les résultats obtenus étant dépendant de tirages particuliers de  $r$  dans l'expression de la composante à intégrer aux revenus contrefactuels, nous effectuons près de 1000 tirages en calculant à chaque fois les revenus ainsi que les indices de Gini et les taux de pauvreté associés. Cela nous permet de reporter la valeur moyenne des indices et de construire un intervalle de confiance de 95% basé sur les valeurs reportées au 25ème et 975ème rang. Au final, après avoir procédé à la simulation des revenus des ménages s'ils ne participaient qu'aux activités agro-pastorales, nous pouvons étudier les effets de la diversification des sources de revenus sur les inégalités. La règle de décision est telle que si  $G(y_i)$  (indice de Gini des revenus observés) est inférieur à  $G(y_{0i})$  (indice de Gini des revenus simulés) alors la participation aux activités de diversification tend à réduire les inégalités, et inversement. Le même raisonnement est valable pour les taux de pauvreté.

Les résultats issus du modèle d'Heckman sont présentés dans le Tableau A2.1 en Annexes. Les résultats du Tableau 2.3 montrent qu'en l'absence de participation aux activités de diversification, l'indice de Gini augmente en passant de 0,535 à 0,541. Les indices d'inégalités de Theil montrent les mêmes tendances. En d'autres termes, les activités de diversification contribuent à rendre la répartition des revenus plus égale qu'elle ne l'aurait été en l'absence de ces activités.

#### A.2.3 – Comparaison des inégalités de revenus avec ou sans activités de diversification

Mesures d'inégalités	Scénarii	
	Revenus observés (Avec diversification)	Revenus contrefactuels (Sans diversification)
	(1)	(2)
Indice de Gini	0,535	0,541
Indice de Theil L	0,553	0,570
Indice de Theil T	0,519	0,533
Nombre d'observations	918	
Nombre de réplifications	1000	

## **Deuxième partie**

### **Stratégies d'adaptation face aux chocs**

## Chapitre 3

# Impacts du changement climatique sur les systèmes pastoraux et agropastoraux au Sénégal : une approche ricardienne

### Résumé

Ce chapitre examine l'impact économique du changement climatique sur la production de bétail au Sénégal en s'appuyant sur un échantillon de 918 ménages pastoraux représentatifs des principales zones agro-écologiques. Nous estimons un modèle ricardien des revenus nets du bétail et analysons le choix de différentes espèces animales suivant les conditions climatiques. Nous simulons également l'impact de différents scénarios climatiques sur les revenus du bétail. Les résultats du modèle ricardien montrent que la production animale au Sénégal est très sensible aux conditions climatiques et qu'il existe une relation non linéaire entre les variables climatiques et la productivité animale. Les impacts marginaux estimés suggèrent des gains découlant d'une hausse des précipitations et des pertes majeures dues à la hausse des températures. Par la suite, nous mettons en œuvre deux scénarios climatiques qui diffèrent en fonction des hypothèses sur les changements de la température moyenne et des précipitations totales : un scénario d'émissions moyennes de GES RCP 4.5 et un scénario d'émissions fortes RCP 8.5. Les simulations montrent une réduction des revenus pastoraux sur la période 2031-2060 dans les deux scénarios avec des pertes plus importantes dans le schéma pessimiste RCP 8.5 de l'ordre de -48% des revenus du bétail par ménage. L'analyse de la composition du bétail montre qu'avec la modification des conditions climatiques, les éleveurs ont tendance à adopter davantage de petits ruminants comparativement aux bovins. Cette étude conclut qu'à long terme, le changement climatique est susceptible d'entraîner une augmentation de la vulnérabilité des ménages pastoraux d'où la nécessité de mettre en œuvre des stratégies d'adaptation.

**Mots clés** : pastoralisme, changement climatique, approche ricardienne, Sénégal, Sahel.

### 3.1 Introduction

En Afrique, le secteur agricole constitue un des secteurs les plus vulnérables face aux changements climatiques conduisant à différentes études pour évaluer les impacts économiques potentiels (IPCC, 2014). Toutefois, l'élevage extensif, qui marque son empreinte en termes de surfaces utilisées au Sahel soit 1,230 millions  $km^2$  (Touré *et al.*, 2012) et de contribution économique, a fait l'objet d'un nombre limité de travaux comparativement au secteur des cultures. Les systèmes pastoraux et agro-pastoraux sahéliens ont connu une forte croissance ces 50 dernières années en termes de population animale, de taux d'activité, de soutien aux moyens de subsistance et de contribution globale à l'économie (de Haan, 2016; Richard *et al.*, 2019).

L'élevage pastoral au Sahel est caractérisé par un contexte marqué par un environnement incertain et une forte variabilité climatique. Rojas-Downing *et al.* (2017) a procédé à une revue des impacts du changement climatique sur le secteur de l'élevage au niveau mondial. Cette revue met notamment en exergue des impacts potentiels sur la disponibilité en eau avec une réduction des précipitations ou une hausse des températures pouvant affecter la production et la qualité des pâturages (Polley *et al.*, 2013). Toutefois, de fortes précipitations pourraient accroître le potentiel productif des zones arides favorables à l'agriculture, augmenter les risques inondations et contribuer à l'émergence de maladies humaines et animales (Nardone *et al.*, 2010). Les changements de température à travers le stress thermique peuvent avoir des répercussions sur la croissance animale et la production laitière (Henry *et al.*, 2012). Les conclusions de ces différentes études interpellent de nombreux acteurs de la filière animale compte tenu de l'importance socio-économique de l'élevage pastoral au Sahel.

Plus spécifiquement au Sénégal, les zones dédiées à l'élevage pastoral représentent près de 60 000  $km^2$  soit environ un tiers du territoire national (Touré *et al.*, 2003). Le Sénégal dispose d'un sous-secteur de l'élevage qui a contribué en moyenne pour près du tiers à la formation du PIB agricole et à 4% au PIB global en 2016 (ANSD, 2019). Ce sous-secteur fait vivre près de 350 000 familles, soit l'équivalent de 3 millions d'individus pour la plupart issus des zones rurales et des couches vulnérables de la population sénégalaise (Niang et Mbaye, 2013). L'élevage extensif contribue pour une large part à la génération des revenus pour les ménages ruraux ; le bétail constituant le principal élément du patrimoine des éleveurs. Au-delà de son rôle économique reconnu, l'élevage assure aussi une fonction sociale importante de sécurisation des conditions de vie des familles d'éleveurs et de dynamisation des territoires. Toutefois, cette activité de production animale et le mode de vie des pasteurs se déroulent dans un contexte de contraintes et d'incertitudes de diverses natures dont la plus prégnante reste celle liée à la variabilité climatique. Dans un tel contexte, la prise en compte des changements climatiques dans l'analyse des dynamiques pastorales au Sénégal devient dès lors très importante.

Notre étude consiste à évaluer les impacts économiques de la variabilité et du changement climatique sur l'élevage pastoral Sénégal en se basant sur une adaptation de l'approche ricardienne

définie pour les études sur le secteur agricole. Pour cela, l'étude s'appuie sur un échantillon de 918 ménages représentatif des trois zones agro-écologiques que sont la Zone Sylvo-Pastorale (ZSP), le Bassin arachidier et le Sénégal Oriental. L'étude poursuit deux objectifs. En premier lieu, il s'agit d'étudier les impacts des variables climatiques (précipitations et température) sur les revenus des ménages pastoraux et agro-pastoraux au Sénégal. En second lieu, l'adaptation à la variabilité climatique est étudiée en considérant les décisions de choix des espèces animales par les éleveurs. Par la suite, nous utilisons les résultats du modèle ricardien pour prédire l'impact d'un ensemble de scénarios de changement climatique sur l'activité d'élevage.

Au Sénégal, des études antérieures dans le domaine du pastoralisme se sont focalisées sur l'analyse des tendances climatiques en s'appuyant principalement sur les données de précipitations. À notre connaissance, il n'y a pas d'étude qui analyse spécifiquement les impacts économiques du changement climatique sur l'élevage pastoral au Sénégal. Les résultats de cette étude peuvent contribuer aux connaissances sur les impacts du changement climatique sur le secteur de l'élevage au Sénégal et pour l'élaboration de stratégies d'adaptation.

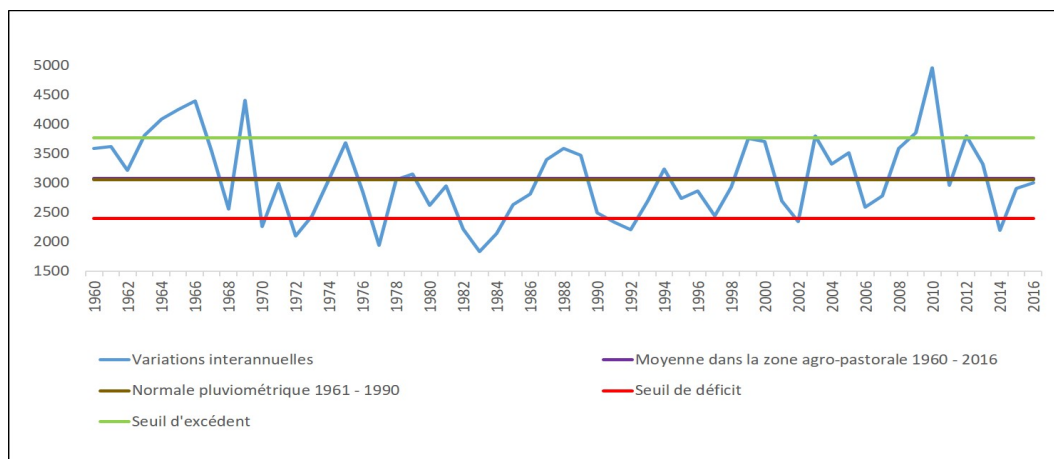
## **3.2 Variabilité climatique dans les systèmes pastoraux et agro-pastoraux au Sénégal**

Le pastoralisme est considéré comme l'un des secteurs les plus exposés au changement climatique compte tenu de la forte dépendance du secteur aux pâturages naturels et du contexte de variabilité climatique dans la zone sahélienne avec l'irrégularité dans la distribution des pluies. Au delà des quantités de précipitations, le retard dans le démarrage de l'hivernage ainsi que les variations de température peuvent affecter la production de biomasse et la disponibilité des pâturages. Dans le cadre de cette étude, nous considérons les zones pastorales et agro-pastorales du Sénégal couvrant notamment les régions de Saint-Louis, Louga, Matam, Kaffrine et Tambacounda. Pour bien cerner les situations excédentaires et déficitaires dans les principales zones d'élevage, nous comparons les variations inter-annuelles de précipitations aux différents seuils d'excédant et de déficit des pluies (Figure 3.1). La comparaison de la moyenne des pluies de notre période d'observations (1960-2016) s'effectue par rapport à la normale sur 30 années définie par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

La Figure 3.1 montre une évolution de la pluviosité en dents de scie alternant des niveaux de précipitations excédentaires et déficitaires. Ainsi, les quantités de pluies les plus importantes ont été enregistrées durant les années 1967, 1969, 1999 et 2010 alors que les plus faibles précipitations sont intervenues en 1972, 1977 et 1983 entraînant des périodes de sécheresse. Plus récemment, l'examen de la normale pluviométrique 1961-1990 (OMM) comparée à la moyenne 1960-2016 montre un léger retour des précipitations depuis le début des années 2000 dans les zones pastorales et agro-pastorales au Sénégal. Ces tendances sont confirmées par des études de

Touré *et al.* (2012) en zone sahélienne et Araujo-Bonjean *et al.* (2019) plus spécifiquement au Sénégal. Toutefois, Araujo-Bonjean *et al.* (2019) ont souligné que ce phénomène de « retour des pluies » s'accompagne d'une plus grande dispersion intra-annuelle des précipitations en zone pastorale au Sénégal.

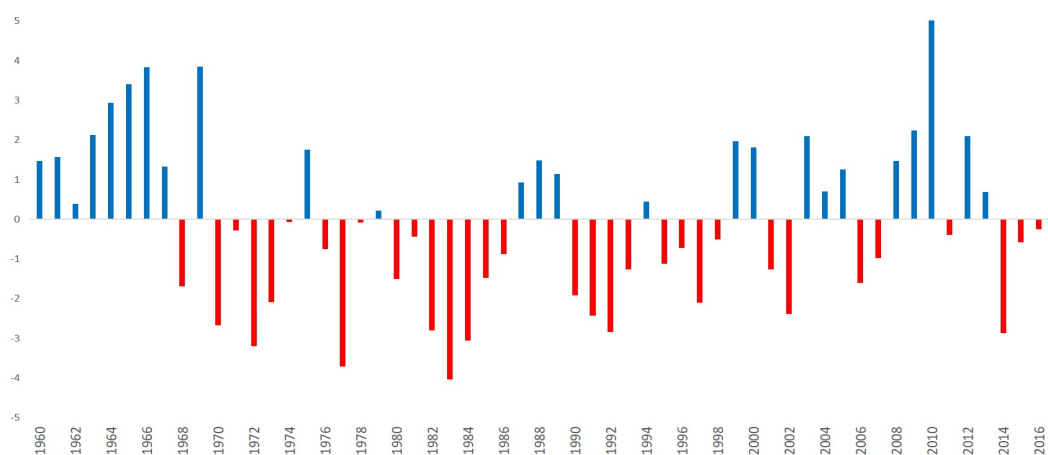
FIGURE 3.1 – Variations inter-annuelles des pluies entre 1960 et 2016 en zone pastorale



Source : Données ANACIM

La Figure 3.2 présente l'irrégularité dans la distribution des pluies en mettant en exergue un nombre plus important d'années déficitaires en termes de précipitations (rouge). Cette forte variabilité des précipitations masque une succession de différentes périodes avec les années 1960 marquées par d'importantes précipitations avant la survenue d'une période plus sèche au cours des années 1970 et 1980 (Figure 3.2).

FIGURE 3.2 – Indices d'anomalies des précipitations entre 1960 et 2016 en zone pastorale



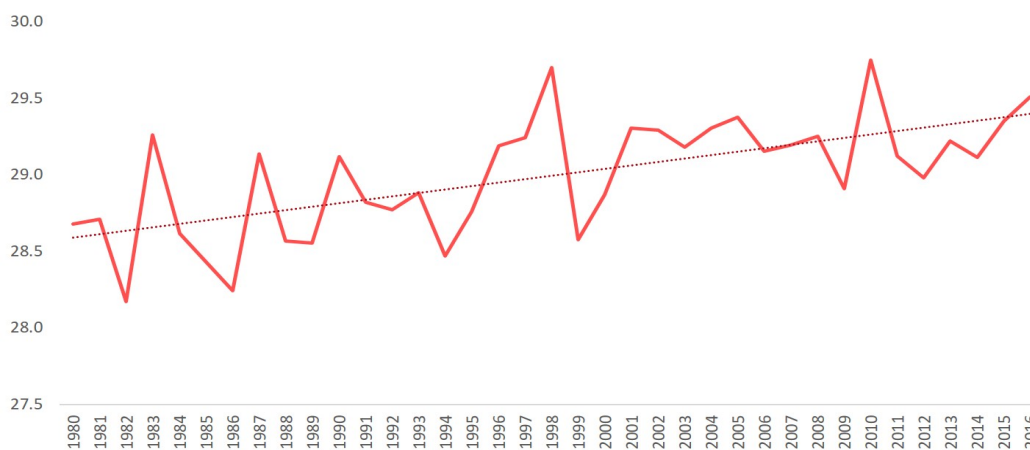
Source : Données ANACIM

Les zones pastorale et agro-pastorale au Sénégal présente un risque en matière de survenue de sécheresse qui traduit la forte variabilité climatique. En ce sens, le rapport d'étude de la

Plateforme pour la Gestion des Risques Agricoles (PARM) a mis en exergue un risque de survenue d'un déficit pluviométrique de l'ordre de 20,2% avec un risque plus accru dans les zones du Ferlo et du Sud-Est constituant les zones de prédilection de l'élevage (?).

Par ailleurs, Funk *et al.* (2012) ont rapporté une hausse des températures de l'ordre 0,9°C entre 1975 et 2009 avec une augmentation des températures moyennes maximales renforçant les effets de la sécheresse. La Figure 3.3 présente l'évolution des températures en zone pastorale au Sénégal entre 1980 et 2016. La température moyenne dans la zone a suivi une légère tendance à la hausse avec un taux annuel moyen d'accroissement de 0,1% entre 1980 et 2016. Une augmentation drastique des températures peut déboucher sur une hausse des maladies animales et une surexploitation des ressources en eau (Rojas-Downing *et al.*, 2017).

FIGURE 3.3 – Evolution des températures entre 1980 et 2016 en zone pastorale



Source : Données CRU

### 3.3 Approche ricardienne et activité d'élevage : une revue de la littérature

Depuis les travaux de Mendelsohn *et al.* (1994), l'approche ricardienne est devenu le cadre de référence des études sur les impacts économiques du changement climatique sur le secteur agricole (Salvo, 2013; Salvo *et al.*, 2014). Dans cette revue, nous mettons l'accent sur les études incorporant le secteur de l'élevage dans divers contextes.

En utilisant les données d'une enquête menée auprès de plus de 9 000 agriculteurs dans 11 pays africains, Kurukulasuriya *et al.* (2006) étudient les impacts du changement climatique sur les revenus nets des exploitations agricoles. L'un des apports de l'étude résidait dans le traitement spécifique du secteur de l'élevage à côté du secteur agricole avec les cultures pluviales et irriguées. Bien que de nombreux modèles agronomiques se concentrent sur les précipitations, les résultats de l'étude suggèrent que la production animale et les cultures, dans une moindre



mesure, sont plus sensibles à la température qu'aux précipitations. En termes de simulation, Kurukulasuriya *et al.* (2006) montrent que les régions plus sèches comme l'Égypte, le Niger et le Sénégal tirent d'importants gains pour le bétail de l'augmentation des précipitations par rapport aux régions plus humides de l'Afrique.

Plus spécifiquement en Afrique de l'est, Kabubo-Mariara (2009) a mené une étude sur l'impact du changement climatique sur la production animale sur la base d'un échantillon de 722 ménages agropastoraux au Kenya. Suivant l'approche ricardienne, l'étude a mis en avant une relation non linéaire entre le changement climatique et la productivité animale. Les impacts marginaux estimés suggèrent des gains modestes en raison de la hausse des températures et des pertes dues à l'augmentation des précipitations. Les résultats de l'étude montrent que l'augmentation des précipitations n'est pas nécessairement bénéfique pour les éleveurs : une augmentation de 1% des précipitations en moyenne réduit les revenus nets de l'élevage de l'ordre de 6%. Kabubo-Mariara (2009) justifie ces résultats par le fait que des précipitations trop importantes peuvent favoriser l'apparition de maladies animales comme la fièvre de la vallée du Rift associé à des pertes animales importantes. Dans la même lignée, Gebreegziabher *et al.* (2013) ont analysé les effets du changement climatique sur la production animale en Ethiopie. L'étude a montré que les revenus issus de l'élevage étaient très sensibles aux variations de température et de précipitations, mais avec des effets différents. L'augmentation de la température moyenne annuelle entraînerait une augmentation des revenus provenant du bétail, tandis qu'une augmentation des précipitations annuelles aurait un effet négatif important sur les revenus de l'élevage.

Dans le contexte européen, Passel *et al.* (2016) estiment l'impact du climat sur l'agriculture en utilisant une analyse ricardienne à l'échelle continentale. Les variables climatiques, pédologiques, géographiques et socio-économiques régionales sont appariées avec les données au niveau de 41 030 exploitations en Europe occidentale. Les résultats suggèrent que les fermes européennes sont légèrement plus sensibles au réchauffement que les fermes sud-américaines avec des impacts de +5 à -32% en 2100 selon le scénario climatique. Les exploitations agricoles du sud de l'Europe devraient être particulièrement sensibles, avec des pertes de -5 à -9% par degré celsius. Bozzola *et al.* (2017) s'appuient sur des données issues de 16000 exploitations agricoles pour étudier l'impact du changement climatique sur l'agriculture italienne en distinguant différentes spécialisations : cultures pluviales, cultures irriguées et élevage. Cette distinction découle de l'hypothèse selon laquelle les effets du changement climatique peuvent être différents suivant le type d'exploitation. Les exploitations axées sur les cultures présentent un effet plus important aux changements de température particulièrement suivant la saison. Les effets d'un changement marginal des précipitations sur les exploitations agricoles et d'élevage ne sont généralement pas très différents.

Des études plus spécifiques sont axées sur les stratégies d'adaptation mises en place dans le secteur de l'élevage à travers le choix de système de production ou la sélection de certaines espèces animales. Seo et Mendelsohn (2008b) ont appliqué le modèle structurel ricardien pour

étudier l'impact du changement climatique sur la production animale en utilisant les données de 5000 éleveurs issus de 10 pays africains. Les résultats de l'étude ont montré des choix différenciés en termes d'espèces animales suivant les conditions climatiques. En zone semi-aride, les simulations ont montré que les éleveurs porteront davantage leur choix sur les petits ruminants à travers les ovins et les caprins alors qu'en zone humide, la substitution se fera plus en faveur des caprins et de l'aviculture. De plus, Seo et Mendelsohn (2008b) ont stipulé que les grandes exploitations axées sur l'élevage bovin seront plus affectées par le changement climatique que les petites exploitations qui peuvent basculer sur l'élevage de petits ruminants jugés plus résilients. Les résultats de l'étude de Seo et Mendelsohn (2008b) apparaissent globaux puisqu'ils ont combiné des données provenant de plusieurs pays sans tenir compte des spécificités de chaque pays.

En prolongement de cette étude, Seo (2010) a mené une analyse comparative en termes de résilience face au changement climatique entre des exploitations combinant agriculture et élevage, et des exploitations spécialisées dans les cultures. L'étude s'est appuyée sur des données couvrant 9000 exploitations agricoles en Afrique. Il s'agissait d'analyser les déterminants de chaque système d'exploitation et les variations de revenus nets associés à chaque système suivant différents scénarii climatiques. Les résultats ont montré que les exploitations associant agriculture et élevage augmentaient en nombre contrairement aux exploitations spécialisées selon les prévisions climatiques pour 2060. Il ressortait de l'étude aussi que les exploitations intégrées étaient plus rentables que les exploitations spécialisées. Les impacts du changement climatique sur les exploitations intégrées vont de 9% de pertes à 27% de gains selon les projections climatiques. L'étude de (Seo, 2010) se caractérisait par la prise en compte de l'ensemble du continent africain avec des diversités écologiques pouvant aboutir à des biais. Dans les zones arides et semi-arides sahéliens, l'agriculture est une activité difficile à mettre en œuvre compte tenu de la spécificité de ces zones favorables au pastoralisme. De plus, l'étude n'a pas tenu compte des spécificités relatives au contexte institutionnel et socio-économiques des différents pays considérés pouvant aboutir à des différences en termes d'accès aux terres.

Par la suite, Seo *et al.* (2010) ont étudié le choix de différentes espèces animales (bovins mâles, bovins femelles, ovins, porcs et volaille) suivant les conditions climatiques dans 7 pays d'Amérique latine. Les enquêtes auprès des ménages ont été collectées dans des pays qui couvrent un large éventail de zones agro-écologiques : Argentine, Brésil, Uruguay, Chili, Équateur, Colombie et Venezuela. En s'appuyant sur un modèle multinomial, l'étude a montré que le choix entre les différentes espèces est très sensible au climat en considérant aussi les caractéristiques des ménages, la localisation, et les effets fixes pays. Les projections ont montré que la probabilité de choisir une espèce animale augmenterait avec le réchauffement climatique, mais diminuerait dans le cas d'une hausse des précipitations. Dans un scénario de changement climatique caractérisé par une hausse des températures et une baisse des précipitations à l'horizon 2060, les ménages ruraux opéreraient davantage pour les ovins au détriment des autres espèces animales particulièrement

les bovins.

Des résultats analogues ont été obtenus en Australie à travers des études sur la vulnérabilité des fermes australiennes face au changement climatique (Seo, 2014; Seo et McCarl, 2011). Les différents scénarii climatiques relatifs à une augmentation de la température ou une baisse des précipitations ont montré une hausse potentielle des revenus issus de l'activité d'élevage ainsi que du nombre d'animaux détenus sauf pour les bovins femelles. Les résultats des études de Seo et McCarl (2011) et Seo (2014) ont montré que l'élevage pourrait constituer un secteur clé en termes d'adaptation au changement climatique dans le secteur agricole en Australie.

Ou et Mendelsohn (2017) ont étudié les stratégies d'adaptation des agriculteurs dans la zone sud-est asiatique avec des données issues de cinq pays. Trois modèles ont été utilisés : un modèle logit pour analyser les déterminants de la pratique de l'élevage, un modèle MCO pour étudier les déterminants de la valeur totale du bétail et un modèle logit multinomial sur le choix des espèces animales. Les résultats ont montré que les conditions climatiques ont un impact significatif sur la pratique de l'élevage par les ménages ruraux. Les simulations effectuées sur la base de scénarii climatiques montrent une augmentation de la pratique de l'élevage. Toutefois, la valeur totale du capital bétail pourrait diminuer de 9 à 10%. Le changement climatique pourrait avoir aussi une répercussion sur le choix des espèces animales avec un accent davantage mis sur les petits ruminants et le secteur avicole au détriment des autres espèces animales, particulièrement les bovins.

## 3.4 Méthodologie

### 3.4.1 Cadre conceptuel et théorique

L'approche ricardienne découlant des travaux de Mendelsohn *et al.* (1994) doit son nom à la théorie de Ricardo (1817) selon laquelle la valeur des terres reflète leur meilleure utilisation actuelle et potentielle. Ainsi, la valeur d'une terre agricole sur le marché foncier reflète la valeur actuelle de la somme des flux de revenus futurs actualisés.

Dans son application, l'approche ricardienne constitue une analyse en coupe transversale des effets à long terme du climat et d'autres variables sur les performances agricoles (rente foncière ou revenus nets). Le principal avantage de l'approche ricardienne est liée à la prise en compte des capacités d'adaptation des agriculteurs face aux modifications des conditions climatiques. Dès lors, cette approche permet de faire face aux limites des méthodes axées sur les fonctions de production (Rosenzweig et Parry, 1994). Mendelsohn *et al.* (1994) ont stipulé que l'approche par la fonction de production tend à surestimer les dommages environnementaux du fait de l'absence de prise en compte des capacités d'adaptation des agriculteurs face au changement climatique.

Depuis les travaux précurseurs de Mendelsohn *et al.* (1994), le modèle ricardien a fait l'objet de différentes critiques qui ont permis d'améliorer le modèle original.

En premier lieu, le modèle ricardien a été critiqué pour ne pas tenir compte des changements de prix (Cline, 1996). L'hypothèse de prix constants a été considérée comme assez stricte. D'une part, les exploitations agricoles peuvent adopter une stratégie d'adaptation en réajustant leur niveau de production. D'autre part, les changements de production au niveau mondial peuvent avoir un effet sur les prix nationaux. Selon Kurukulasuriya *et al.* (2006), les études qui tentent de prendre en considération les changements de prix doivent s'appuyer sur d'autres hypothèses sur la façon dont la production changera avec le changement climatique et s'inscrivent davantage dans un modèle d'équilibre général.

En deuxième lieu, l'approche ricardienne a été critiquée pour son manque de prise en compte des coûts de transition (Maddison, 2000). L'analyse ricardienne ne montre pas comment un agriculteur passe de l'exploitation d'une ancienne culture à une nouvelle culture à travers les investissements réalisés dans les essais et les équipements. Dans le cas de l'élevage, il s'agit des coûts liés à l'adoption d'une espèce animale en particulier. Kurukulasuriya *et al.* (2006) ont affirmé que l'analyse ricardienne cherche à estimer les effets d'équilibre à long terme et non les coûts de transition à court terme. En outre, dans les pays en développement, les coûts de transition peuvent être négligeables car ils n'induisent pas des investissements lourds comme dans le cadre de petites exploitations agricoles.

En dernier lieu, certaines études relevant du modèle ricardien ont pu aboutir à des estimations réductrices du fait de l'absence de prise en compte de la variabilité spatiale et de variables relatives à la pression démographique (Deschênes et Greenstone, 2007; Kabubo-Mariara, 2009; Mendelsohn et Massetti, 2017). Dans le cadre de notre étude, nous avons incorporé des variables telles que les caractéristiques des sols et la densité de la population. De plus, nous avons considéré trois zones agro-écologiques caractéristiques de l'élevage au Sénégal.

Dans l'ensemble, le modèle ricardien se révèle être un bon outil pour estimer de manière empirique l'impact du changement climatique du fait de son caractère intuitif et de la prise en compte des capacités d'adaptation (Salvo, 2013; Salvo *et al.*, 2014). En raison des critiques et des nombreuses applications empiriques, le modèle a été amélioré au cours des deux dernières décennies (Salvo *et al.*, 2014) et constitue le cadre de référence pour l'étude des impacts du changement climatique sur le secteur agricole.

Le modèle ricardien a également été étendu au secteur de l'élevage pour étudier les impacts du changement climatique sur les revenus et les choix des espèces animales (Kabubo-Mariara, 2009; Kurukulasuriya et Ajwad, 2006; Seo *et al.*, 2010; Seo et Mendelsohn, 2008a).

Suivant les travaux de Seo et Mendelsohn (2008a) et Kabubo-Mariara (2009), nous considérons que l'éleveur maximise son revenu net en choisissant les espèces animales et les intrants tel que :

$$\text{Max } \pi = P_j Q_j(L_G, F, L, K, C, W, S) - P_F F - P_L L - P_K K \quad (3.1)$$

Où  $\pi$  est le revenu net,  $P_j$  est le prix du marché de l'animal  $j$ ,  $Q_j$  est une fonction de production pour l'animal  $j$ ,  $L_G$  est le pâturage,  $F$  représente l'alimentation animale,  $L$  est un vecteur des intrants du travail,  $K$  est un vecteur des intrants du capital,  $C$  est un vecteur des variables climatiques,  $W$  représente l'eau disponible,  $S$  est un vecteur des caractéristiques du sol,  $P_F$  est un vecteur de prix de chaque type d'alimentation animale,  $P_L$  est un vecteur de prix de chaque type de travail,  $P_K$  est le prix de location du capital.

L'éleveur choisit l'espèce animale  $j$  et le nombre d'animaux qui maximise le profit. Le revenu net qui en résulte peut être défini comme suit :

$$\pi^* = f(P_j, C, W, S, P_F, P_L, P_K) \quad (3.2)$$

Pour comprendre les différents impacts estimés, nous analysons le choix des espèces animales par les ménages pastoraux. Cette analyse complémentaire permet de mieux comprendre les décisions sous-jacentes des éleveurs en fonction des conditions climatiques. Suivant les travaux de Seo et Mendelsohn (2006), il s'agit d'estimer un système d'équations d'offre pour chaque espèce animale. Plus l'espèce animale est rentable, plus il est probable que l'éleveur l'adopte. Les choix dans le système d'équations ne sont pas mutuellement exclusifs et les éleveurs peuvent sélectionner plusieurs espèces animales. Ce système d'équations d'offre peut être estimé par un Probit multivarié (Seo et Mendelsohn, 2006).

### 3.4.2 Modèle empirique

Dans le contexte de l'élevage pastoral au Sahel, le bétail est en grande partie élevé en dehors des exploitations et il n'est pas possible de mesurer la quantité de terres utilisées par chaque éleveur. Dans ce contexte, nous estimons une équation de profit correspondant au revenu net de l'activité d'élevage. A la suite de Van Passel et al. (2017), Feng et al (2021) et Nguyen (2021), cette analyse utilise le logarithme du revenu net de l'activité d'élevage comme variable dépendante, car il a un meilleur pouvoir prédictif que le modèle linéaire :

$$\ln(\pi_i) = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \alpha_3 P + \alpha_4 P^2 + \sum_j \beta_j \cdot Z_j + \epsilon \quad (3.3)$$

Les variables  $T$  et  $P$  représentent les vecteurs de température et de précipitation, et les variables  $T^2$  et  $P^2$  constituent les termes quadratiques pour les températures et les précipitations. Ces termes quadratiques sont censés saisir la forme non linéaire de la fonction de réponse climatique (Mendelsohn *et al.*, 1994). Nous avons inclus un vecteur  $Z$  de variables socio-économiques et

d'autres variables de contrôle au niveau du ménage, du village, et du département. Les variables socio-économiques du ménage comprennent l'âge et le genre du chef de ménage, la proportion de la main d'œuvre familiale ayant une éducation formelle (au minimum du niveau primaire), et la taille du ménage. Le vecteur  $Z$  comprend aussi des mesures du type de sol, et une variable mesurant la distance entre le village et chef-lieu du département.

À partir de l'équation (3.3), nous pouvons déduire l'impact marginal attendu des changements de température et de précipitations sur le revenu pastoral avec les équations (3.4a) et (3.4b) respectivement :

$$\frac{\partial \ln(\pi_i)}{\partial T} = \alpha_1 + 2 * \alpha_2 * T \quad (3.4a)$$

$$\frac{\partial \ln(\pi_i)}{\partial P} = \alpha_3 + 2 * \alpha_4 * P \quad (3.4b)$$

Comme la variable dépendante est sous forme logarithmique, les effets marginaux estimés à l'aide des équations (3.4a) et (3.4b) sont interprétés comme un changement en pourcentage du revenu pastoral dû à un changement d'une unité de la variable climatique correspondante.

Enfin, nous calculons l'impact sur les revenus des ménages pastoraux actuels des climats futurs possibles, toutes choses étant égales par ailleurs. Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de prédire les changements de prix, de technologies et de politiques qui pourraient survenir dans l'avenir. Nous explorons ces scénarios climatiques futurs simplement pour donner une idée de la façon dont la sensibilité des revenus d'élevage évolue en fonction des changements climatiques. Nous calculons l'impact potentiel de ces scénarios climatiques sur le revenu en comparant le revenu pastoral aux nouvelles températures et précipitations ( $C_1$ ) aux valeurs initiales actuelles ( $C_0$ ), pour chaque exploitation.

La variation du niveau revenu ( $\Delta\pi$ ) résultant du changement du climat des états  $C_0$  à  $C_1$  peut être mesurée comme suit :

$$\Delta\pi = \pi^*(C_1) - \pi^*(C_0) \quad (3.5)$$

Pour comprendre les résultats des variations du revenu net, nous examinons le choix des différentes espèces animales en utilisant un modèle Probit multivarié. Nous examinons les choix d'un éleveur suivant quatre espèces animales : bovins mâles, bovins femelles (distinction effectuée pour les bovins pour prendre en compte l'importance de la production laitière), ovins et caprins.

## 3.5 Contexte de l'étude et données

### 3.5.1 Contexte et sites de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la mise en œuvre du Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS). Ce projet, concernant six pays sahéliens (Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad) membres du Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), résulte du sommet sur le pastoralisme organisé en Mauritanie en 2013 avec le concours des pays sahéliens précités, de la Banque Mondiale, du CILSS et des organisations d'intégration régionale comme la CEDEAO et l'UEMOA. A travers ce projet l'objectif principal consiste à «sécuriser le mode d'existence et les moyens de production des populations pastorales et à accroître le produit brut des activités d'élevage d'au moins 30% dans les six pays concernés au cours des cinq prochaines années, en vue d'augmenter significativement les revenus des pasteurs dans un horizon de 5 à 10 ans».

La zone d'intervention du PRAPS-Sénégal (PRAPS-SN) s'étend sur 32% du territoire et compte une population d'environ 2,1 millions d'habitants, soit 16,5% de la population nationale (Diop *et al.*, 2014). Le PRAPS-SN intervient dans cinq régions relevant de trois zones agro écologiques. Dans la Zone Sylvopastorale, le projet intervient dans la région de Saint Louis au niveau des départements de Dagana et de Podor, dans la région de Matam avec les départements de Matam et de Kanel, et dans la région de Louga au niveau du département de Linguère. Dans le Bassin arachidier, le projet intervient dans la région de Kaffrine avec le département de Kounghoul. Enfin, au Sénégal Oriental, le projet est implanté dans la région de Tambacounda au niveau des départements de Koumpentoum et de Bakel.

### 3.5.2 Données socio-économiques

Les données socio-économiques relevaient des enquêtes menées pour un diagnostic de la situation de référence du projet PRAPS. Les enquêtes ont été effectuées sur la base de la campagne agro-pastorale 2015/2016. Le nombre de ménages enquêtés étaient de l'ordre de 930 relevant de 123 villages parmi les 5 régions de la zone d'intervention du projet. Les enquêtes se sont voulues exhaustives et ont porté essentiellement sur les membres du ménage ayant une présence permanente. Pour chaque ménage, des informations ont été recueillies sur les caractéristiques démographiques, les dotations en termes d'actifs principalement le bétail de même que l'estimation des dépenses et des revenus de différentes sources que sont l'élevage, l'agriculture, les activités salariées et indépendantes ainsi que les transferts issus des migrants. Il convient de noter qu'une attention particulière a été accordée à la composition du bétail en distinguant les différentes espèces animales et les classes d'âge ainsi qu'à la valorisation de l'autoconsommation. La collecte de ces différentes informations s'est également basée sur la prise en compte de

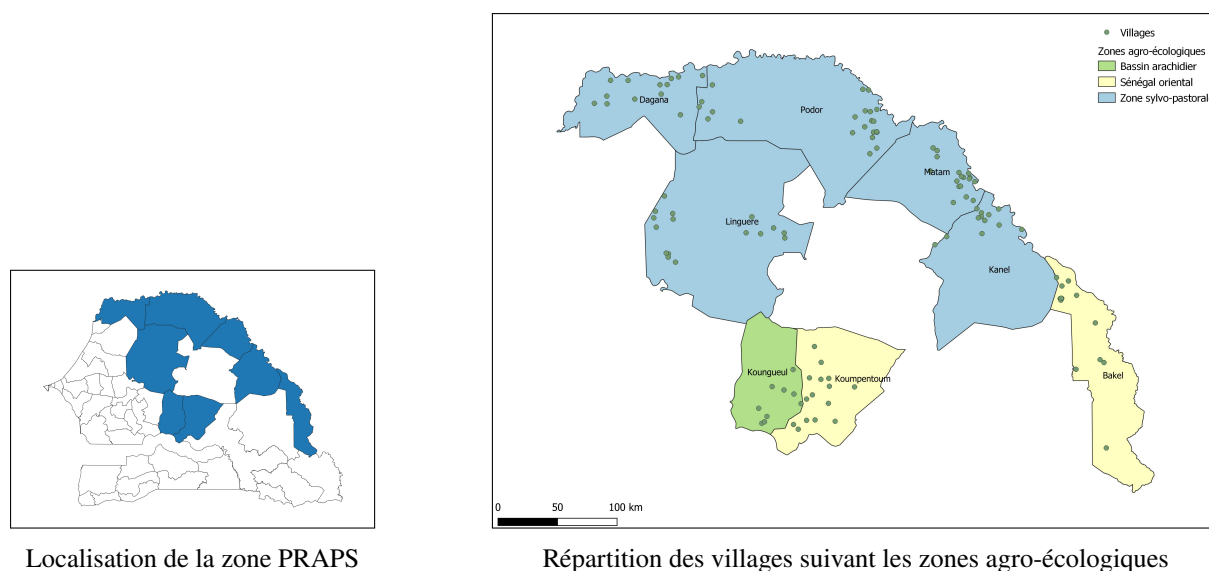


FIGURE 3.4 – Sites de l'étude : zone d'intervention du PRAPS au Sénégal

Source : Réalisation de l'auteur d'après données PRAPS

la sous-saisonnalité à travers la distinction de 3 sous-saisons : saison des pluies (Juillet - Octobre 2015), saison sèche froide (Novembre 2015 - Février 2016) et la saison sèche chaude (Mars - Juin 2016). Au final, l'étude porte sur un échantillon de 918 ménages pastoraux et agro-pastoraux.

Les revenus pastoraux proviennent essentiellement des ventes d'animaux sur pied, de produits laitiers, et de l'autoconsommation relevant de l'abattage du bétail ou de produits laitiers. La somme des valeurs de ces catégories de produits aboutit au revenu brut pastoral. Le revenu net des activités pastorales est obtenu en déduisant les coûts de production associés au pastoralisme. Dans notre cas, ces coûts découlent des achats d'aliments de bétail, d'animaux, d'eau, des salaires versés aux bergers ainsi que de l'accès à des services vétérinaires.

Nous avons considéré une base relative à la cartographie des infrastructures de la zone d'intervention effectuée avant le démarrage effectif du projet. Ces infrastructures concernent essentiellement les marchés ruraux ainsi que les forages. Les coordonnées géographiques des centres des villages nous ont permis de calculer les distances par rapport au chef-lieu des différents départements, aux marchés ruraux et aux forages. En outre, nous avons intégré la densité de la population à l'échelle du département.

### 3.5.3 Données climatiques et caractéristiques des sols

Les données climatiques de cette étude consistent en des précipitations et des températures mensuelles. Les données de précipitations proviennent de la base CHIRPS élaborée par le Groupe Climate Hazards de l'Université de Californie à Santa Barbara (UCSB). Ce sont des données de pluviométrie journalière élaborées à partir d'observations au sol et de mesures



satellites. Ces données pluviométriques sont disponibles pour la période de 1981 à nos jours avec une résolution spatiale de 0,05 degrés et une superficie de 10 kilomètres carrés. Les données de températures sont issues de l'université East Angliadu au sein du Climatic Research Unit (CRU) TS4.03 (Harris et Jones, 2019). Cette base fournit des données mensuelles pour une grille de 0,5 degré par 0,5 degré de latitude et de longitude couvrant les surfaces terrestres (sauf l'Antarctique) de 1901 à 2018. Ces données climatiques ont été par la suite mises en correspondance avec les données géographiques des différents villages. Afin de refléter l'impact à long terme du changement climatique, les données mensuelles de température et de précipitations sont collectées sur une période de 35 ans (1981-2016).

Les caractéristiques des sols ont été obtenus sur la base de la cartographie réalisée par le Centre de Suivi écologique au Sénégal suivant des classes d'aptitude pastorale (CSE, 2010). Le Sénégal possède une variété de types de sols, mais nous nous sommes concentrés uniquement sur les principaux types de sols des départements de la zone d'étude en fonction de leur surface pâturable. Nous avons distingué trois classes de sols : les pâturages de bonne qualité, les pâturages uniquement exploitables en saison sèche, et les pâturages de mauvaise qualité.

TABLEAU 3.1 – Définition des variables et statistiques descriptives

Variables	Description	Moyenne	Ecart-type
<b>Variable dépendante</b>			
Revenu pastoral	Revenu pastoral net du ménage (en milliers FCFA)	1492	2740
<b>Variables climatiques</b>			
Précipitations	Précipitations mensuelles (mm/mois)	31,64	11,06
Température	Température moyenne annuelle (°C)	28,91	0,97
<b>Caractéristiques socio-économiques</b>			
Age	Age du chef de ménage	52,15	12,44
Genre	Genre du chef de ménage (=1 si c'est un homme)	0,96	0,19
Taille du ménage	Nombre d'individus dans le ménage	10,8	4,70
Proportion d'individus éduqués	Proportion de la main d'œuvre familiale ayant une éducation formelle (niveau primaire et plus)	10,9	18,5
<b>Caractéristiques géographiques et écologiques</b>			
Distance à la ville	Distance à la principale ville (km)	40,92	29,57
Distance au forage	Distance au forage (km)	5,80	6,91
Densité de la population	Densité de la population dans le département (habitants/km <sup>2</sup> )	33,34	12,95
Part des pâturages en saison sèche	Part des pâturages exploitables en saison sèche (%)	7,1	7,1

## 3.6 Résultats empiriques

### 3.6.1 Résultats du modèle ricardien

Les résultats de trois régressions relevant du modèle ricardien sont reportés au Tableau 3.2. Le premier modèle est axé sur la régression des revenus pastoraux uniquement sur les va-

riables climatiques. Dans le deuxième modèle, il s'agit d'incorporer les caractéristiques socio-économiques des ménages. Le troisième correspond au modèle final prenant en compte l'ensemble des variables en incluant les caractéristiques géographiques et écologiques.

TABLEAU 3.2 – Régressions des revenus pastoraux sur les variables climatiques

	Revenu pastoral du ménage (en logarithme)		
	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
<i>Variables climatiques</i>			
Précipitations	0,190*** (0,040)	0,205*** (0,041)	0,192*** (0,055)
Précipitations au carré	-0,002*** (0,001)	-0,002*** (0,001)	-0,002*** (0,001)
Température	11,974*** (3,105)	12,043*** (3,061)	10,325*** (3,575)
Température au carré	-0,211*** (0,055)	-0,213*** (0,054)	-0,182*** (0,063)
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>			
Age du chef de ménage		-0,001 (0,004)	0,001 (0,004)
Genre du chef de ménage (=1 si homme)		0,602** (0,260)	0,472* (0,262)
Taille du ménage		0,024** (0,010)	0,028*** (0,009)
<i>Caractéristiques géographiques et écologiques</i>			
Densité de la population			-0,040*** (0,012)
Distance à la ville			0,003 (0,002)
Distance au forage			-0,003 (0,006)
Part des pâturages exploitables en saison sèche			7,768*** (2,732)
Bassin Arachidier			0,240 (0,397)
Sénégal Oriental			-0,560** (0,270)
Constant	-290,825*** (46,578)	-281,741*** (44,535)	-185,749*** (53,939)
Observations	918	918	918
$R^2$	0,160	0,177	0,241

Notes : Erreurs standards entre parenthèses. Significatif aux seuils : \*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$

Les résultats du tableau 3.2 indiquent que les variables climatiques sont significatives pour les trois modèles estimés. La comparaison entre les modèles met en évidence la robustesse des paramètres climatiques à différentes spécifications. Les variables de précipitations et de température présentent une relation non linéaire.

Les précipitations ont un impact positif et significatif sur les revenus pastoraux jusqu'à un certain seuil, avant de présenter un impact négatif. Le Tableau 3.3 présente les impacts marginaux des

précipitations sur les revenus pastoraux. Une augmentation des précipitations mensuelles de 1 mm a un impact positif et significatif sur les revenus pastoraux générés de l'ordre de 4,06%. Un allongement de la saison des pluies peut se traduire par une meilleure disponibilité des ressources pastorales à travers les pâturages et les marres jusqu'en début de saison sèche. Une hausse des précipitations permet de disposer davantage de ressources pastorales à travers les pâturages et les eaux de surface. De telles conditions peuvent permettre aux éleveurs de disposer d'un cheptel dans un bon état pour les stratégies de ventes et d'accroître la production laitière compte tenu de l'importance de l'autoconsommation en milieu pastoral. A cet effet, dans une étude en zones pastorales au Sénégal, Araujo-Bonjean *et al.* (2019) montrent que la ressource en eau, mesurée par le nombre de jours de pluie, joue un rôle positif et significatif sur la production de lait. Globalement, ces tendances sont confirmées par Kurukulasuriya *et al.* (2006) qui montrent un impact marginal positif des précipitations sur les revenus de ménages pastoraux issus de 11 pays africains dont le Sénégal.

En ce qui concerne les températures, les résultats montrent une relation non linéaire avec le revenu pastoral avec une augmentation des températures qui peut être bénéfique dans un premier temps, avant d'avoir un impact négatif. Le tableau 3.3 permet de visualiser l'impact spécifique des températures. L'augmentation de la température annuelle de 1°C a des impacts négatifs sur les revenus pastoraux avec une baisse potentielle de 20,19%. Rojas-Downing *et al.* (2017) mettent en évidence les effets néfastes d'une augmentation des températures sur l'élevage à travers une faible disponibilité des eaux de surface, une réduction de la quantité et de la qualité des pâturages, ainsi que la survenue de maladies animales. Une hausse des températures affecte particulièrement l'élevage de bovins à travers une baisse de la reproduction et de la production laitière (Henry *et al.*, 2012). Ces tendances sont confirmées par Kurukulasuriya *et al.* (2006); Seo et Mendelsohn (2008a) dans des zones pastorales en Afrique où une augmentation des températures est associée à une baisse des revenus pastoraux particulièrement pour les ménages fortement dotés de bovins. En outre, Feng et al (2021) montrent qu'une augmentation de 1°C de la température annuelle se traduit par une baisse d'environ 16% des revenus de l'élevage dans les zones pastorales en Chine.

TABLEAU 3.3 – Effet marginal des précipitations et de la température sur les revenus pastoraux

Variables climatiques	Impact marginal	Erreur standard
Précipitations	4,06%*	(0,024)
Température	-20,19%**	(0,090)

Notes : Erreurs standards entre parenthèses. Significatif aux seuils : \*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$

L'analyse des caractéristiques démographiques montrent que la taille du ménage est associée à un impact positif et significatif sur les revenus. L'élevage pastoral requiert de disposer d'une main d'œuvre pour les tâches relatives à la conduite et l'abreuvement du bétail, mais aussi pour la transhumance en période de soudure. Nous incluons également la dimension genre du chef

de ménage dans le modèle. Les ménages dirigés par des hommes présentent des revenus plus élevés que les ménages équivalents dirigés par des femmes.

En ce qui concerne les caractéristiques géographiques, le revenu tiré de l'élevage pastoral est plus élevé dans des départements présentant une faible densité de la population. Cela peut s'expliquer par le fait que cet éloignement leur permet d'avoir accès à de meilleurs pâturages surtout pour les ménages fortement dotés en bétail. Des tendances similaires ont été observées dans les zones pastorales au Kenya où les ménages pastoraux disposant de hauts revenus sont plus éloignés des centres urbains (Little *et al.*, 2008; Radeny *et al.*, 2007). La part des pâturages exploitables en saison sèche est associé à un effet positif et significatif sur les revenus pastoraux. Les résultats montrent aussi que les ménages situés dans le Sénégal Oriental disposent de revenus moins élevés comparativement à ceux situés dans la Zone Sylvo-Pastorale (ZSP).

### 3.6.2 Choix des espèces animales

Les variations au niveau des revenus pastoraux étudiés précédemment résultent de l'effet du climat sur le bétail et les ajustements mis en œuvre par les éleveurs pour faire face à l'évolution des conditions climatiques. Pour comprendre ces mécanismes, nous étudions le choix des espèces animales en estimant un Probit multivarié (Tableau 3.4). Parmi les espèces animales, nous distinguons les bovins mâles, les bovins femelles, les ovins et les caprins. Le Tableau 3.4 montre des effets différents des variables climatiques suivant les espèces animales. La probabilité de choisir des bovins mâles présente une relation non linéaire avec la température en étant favorable avec la hausse des températures jusqu'à un certain seuil. De même, les précipitations et la température ont une relation non linéaire avec la propension d'adopter des ovins.

En ce qui concerne les autres variables explicatives, la propension de détenir des bovins est plus importante pour les ménages dirigés par des hommes. Cela peut s'expliquer par des disparités dans la dotation de bétail avec les hommes détenant davantage de bovins. En outre, les ménages composés de plusieurs individus ont une propension plus importante d'adopter des bovins ainsi que des caprins compte tenu de la charge de travail associée à l'élevage de bovins. L'adoption des bovins est aussi plus favorable pour les ménages éloignés des centres urbains pour bénéficier d'un accès à de meilleurs pâturages. Les ménages situés dans les zones agro-écologiques du Bassin arachidier et du Sénégal oriental ont une propension moins importante de détenir des petits ruminants (ovins et caprins) comparativement à ceux situés en Zone Sylvo-Pastorale (ZSP).

Pour analyser les effets spécifiques des variables climatiques, nous reportons au Tableau 3.5 les impacts marginaux sur le choix des espèces animales. Les bovins se révèlent particulièrement sensibles au changement de température. Une augmentation de la température annuelle se traduit par une baisse de la propension de la probabilité de détenir des bovins avec une réduction respective de 4,77% pour les bovins mâles et 2,86% pour les bovins femelles. Une hausse des températures a un impact positif et significatif sur la probabilité d'élever des caprins. Ces

TABLEAU 3.4 – Probit multivarié pour le choix des espèces animales

	Bovins mâles	Bovins femelles	Ovins	Caprins
Précipitations	0,044 (0,038)	-0,063 (0,039)	0,110*** (0,032)	0,061* (0,033)
Précipitations au carré	-0,001 (0,001)	0,000 (0,001)	-0,002*** (0,000)	-0,001* (0,000)
Température	7,857** (4,007)	11,076* (6,192)	16,152*** (3,946)	3,599 (4,020)
Température au carré	-0,140** (0,070)	-0,196* (0,107)	-0,279*** (0,069)	-0,058 (0,071)
Age du chef de ménage	0,025** (0,011)	0,024** (0,012)	-0,001 (0,012)	0,004 (0,011)
Genre du chef de ménage (=1 si homme)	0,697** (0,227)	0,693*** (0,274)	0,222 (0,294)	0,215 (0,303)
Taille du ménage (Log)	0,285** (0,125)	0,323** (0,149)	0,015 (0,139)	0,515*** (0,134)
Proportion d'individus éduqués	-0,009 (0,259)	-0,010 (0,287)	0,080 (0,301)	0,054 (0,321)
Distance à la principale ville	0,000 (0,002)	0,005* (0,003)	-0,002 (0,002)	-0,004 (0,003)
Distance au forage	0,012*** (0,004)	0,005* (0,004)	0,013** (0,005)	0,013*** (0,005)
Nombre d'observations		918		
Wald $Chi^2(44)$		257,33***		

Erreurs standards entre parenthèses. \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

TABLEAU 3.5 – Effet marginal de choix des espèces animales

Variabiles climatiques	Bovins mâles	Bovins femelles	Ovins	Caprins
Précipitations annuelles	-0,10%	-0,28%**	+0,01%	+0,15%
Température annuelle	-3,77%***	-2,22%**	+0,51%	+2,83%**

\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

résultats traduisent le fait que les ovins et les caprins sont moins sensibles à la variabilité climatique comparativement aux bovins. Dans le contexte du Sénégal, ces tendances favorables à l'adoption des ovins et des caprins sont renforcées par les statistiques sur l'évolution du bétail. Entre 1960 et 2014, la part des bovins dans les effectifs de ruminants est passée de 50% dans les années 1960 à 25% en 2000 (?). Cette réduction des bovins s'est faite au profit des petits ruminants et plus particulièrement des caprins. Cette situation peut aussi s'expliquer par la forte mobilité des petits ruminants qui peuvent se déplacer vers les zones mieux dotées en ressources naturelles et mieux résister aux chocs climatiques. Ces tendances sont confirmées par les études de Seo et Mendelsohn (2008a,b) en Afrique qui ont montré que les exploitations spécialisées dans l'élevage de bovins étaient plus vulnérables à la variabilité climatique et que les éleveurs tendent à opter davantage pour les ovins et caprins plus résilients aux conditions climatiques. Dans la même lignée, Kabubo-Mariara (2008) a montré que dans un contexte de hausse des températures, les éleveurs au Kenya adoptent davantage les caprins comparativement aux bovins.

### 3.7 Simulations d'impacts du changement climatique

Dans cette section, nous présentons des estimations des impacts des scénarios possibles de changement climatique en nous appuyant sur les estimations obtenues précédemment. Pour ce faire, les changements futurs des précipitations et de la température pour chaque département relevant de la zone d'étude ont d'abord été calculés à l'aide d'un ensemble de modèles de circulation générale atmosphère-océan (AOGCM). Les données ont été extraites du site web des modèles climatiques de la phase 5 du Projet d'inter-comparaison des modèles couplés<sup>1</sup> (CMIP5). Nous calculons des estimations moyennes de précipitations et de température pour la période 2031-2060 par rapport à la période historique 1981-2010. Nous considérons deux types de scénarios avec les trajectoires d'émissions moyennes RCP 4.5 et élevées RCP 8.5 (Van Vuuren et al., 2011). Le scénario RCP 8.5, est moins optimiste en termes d'émissions et conduit à une augmentation rapide de la concentration de GES sur l'ensemble du siècle. Nous étudions l'impact possible du changement climatique sur les revenus pastoraux actuels, en supposant que tous les autres facteurs restent inchangés. L'analyse n'est pas une prévision des résultats futurs mais plutôt un examen de la sensibilité de l'activité pastorale aux conditions climatiques.

Dans les deux scénarios, les revenus pastoraux nets sont en moyenne affectés négativement par les changements de température et de précipitations. Dans le premier scénario d'émissions moyennes RCP 4.5 à l'horizon 2031-2060, correspondant à une hausse des températures de 1,25°C et une baisse des précipitations mensuelles de -4,45%, les revenus nets pastoraux baissent de -33,50%. Dans le second scénario plus pessimiste RCP 8.5 marqué par une hausse des températures de 1,71°C et une baisse des précipitations de -6%, l'ampleur des pertes de revenu d'élevage est plus

1. Les données concernant différents scénarios climatiques pour le Sénégal ont été extraits du site <https://retd1.teledetection.fr/climap/proj/>

TABLEAU 3.6 – Impacts de scénarios climatiques sur les revenus d'élevage

Période 2031-2060	Changement de température	Variation des précipitations (%)	Changement dans les revenus nets
Scénario RCP 4.5	+1,25	-4,45%	-33,50%
Scénario RCP 8.5	+1,71	-6%	-48,57%

Source : Calcul d'après les données

importante avec une réduction de -48,57%. Ces pertes peuvent s'expliquer par l'augmentation des températures et leurs effets néfastes sur la disponibilité des ressources, de même que l'impact sur la reproduction du bétail et la survenue de maladies animales (Nardone *et al.*, 2010; Rojas-Downing *et al.*, 2017). La Figure présente les résultats suivant les zones agro-écologiques avec le Sud-Est du Sénégal présentant les baisses de revenu les plus importantes.

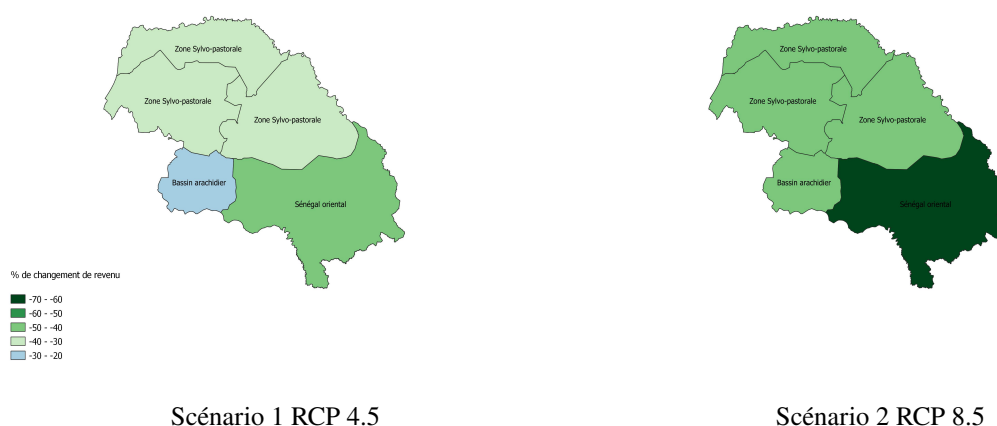


FIGURE 3.5 – Variation en pourcentage du revenu net suivant les scénarios climatiques

Ces tendances sont confirmées par l'étude de Kabubo-Mariara (2009) dans les zones agropastorales du Kenya où le recours à des scénarios climatiques suivant différents modèles montrent que l'impact global du changement climatique sera une baisse des revenus du bétail. Les résultats sont également cohérents par rapport à l'étude de Seo et Mendelsohn (2008a) qui montre que les grandes exploitations plus dotées en bovins seront davantage affectés par les impacts du changement climatique dus en partie à la hausse des températures comparativement aux petites exploitations possédant surtout des petits ruminants. En revanche, Gebreegziabher *et al.* (2013) présentent des impacts différenciés dans son étude de l'impact du climatique sur le secteur de l'élevage en Ethiopie en trouvant un impact positif à long terme sur les revenus d'élevage dus en partie à l'augmentation des températures dans des zones propices à l'agriculture. Dans d'autres contextes, des études récentes dans les zones pastorales en Mongolie (Batsuuri et Wang, 2017) et en Chine (Feng et al., 2021) indiquent une forte baisse des revenus d'élevage sur la période

2031-2060 de l'ordre de 30 à 50% suivant les modèles climatiques considérés.

Le Tableau 3.4 présente les impacts du changement climatique sur les revenus pastoraux en désagréant suivant les catégories d'éleveurs. Il ressort de ces simulations que le changement climatique se traduira par des pertes de revenus pour les différentes catégories d'éleveurs, mais avec des pertes plus importantes pour les petits éleveurs comparativement aux gros éleveurs. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les ménages pastoraux mieux dotés en bétail auront plus de capacités à faire face aux impacts du changement climatique avec le recours aux aliments de bétail ou la possibilité de disposer d'espèces animales plus résilientes.

### 3.8 Conclusion

L'élevage pastoral apparaît vulnérable à la forte variabilité climatique au Sahel compte tenu de la dépendance de l'activité aux pâturages naturels. Dans ce contexte, ce chapitre est dédié à l'analyse des impacts du changement climatique sur les revenus pastoraux au Sénégal. Pour cela, nous menons une étude sur un échantillon de 918 ménages pastoraux et agropastoraux pour la campagne agropastorale 2015/2016. Les données primaires ont été enrichies par des données climatiques secondaires qui reflètent les modifications du climat à long terme au Sénégal. Nous adoptons l'approche ricardienne consistant à analyser les impacts du changement climatique, en considérant les variables de précipitations et de température à long terme, sur les revenus pastoraux et la composition du bétail. L'étude a révélé que l'activité pastorale au Sénégal est très sensible aux conditions climatiques et qu'il existe une relation non linéaire entre les variables climatiques et les revenus nets du bétail. Les impacts marginaux estimés du changement climatique sur la production animale suggèrent que l'impact global de la hausse des températures sera une baisse des revenus, tandis que celui des précipitations est positif et significatif, impliquant une hausse des revenus pastoraux. Cela s'explique par le fait que la hausse des températures peut avoir des effets néfastes sur la reproduction des animaux, la baisse de la production laitière et l'émergence de maladies animales. Par contre, l'augmentation des précipitations peut permettre d'accroître la disponibilité des eaux de surfaces, ainsi que la quantité et la qualité des pâturages. Ces résultats suggèrent des options d'adaptation en matière pour les éleveurs. Cela se traduit par le choix des espèces animales avec une tendance à la substitution des bovins par les petits ruminants particulièrement les caprins. En procédant à une simulation à partir de scénarios climatiques pour la période 2031-2060, les résultats montrent une baisse des revenus pastoraux comprise entre 27 et 37% pour les scénarios d'émissions moyennes RCP 4.5 et d'émissions fortes RCP 8.5.

Toutefois, il convient de noter certaines limites de l'analyse. En termes de méthodologie, nous considérons dans les prévisions que les seules variables susceptibles de changer sont celles climatiques. Dans la pratique, beaucoup de choses vont changer au cours du siècle prochain, notamment la population, les prix, la technologie et les conditions institutionnelles. Les futurs



éleveurs pourront tirer parti de nouvelles technologies qui ne sont pas couramment utilisées aujourd'hui dans la majeure partie des pays africains. La génétique et la sélection des espèces pourraient offrir de nouveaux choix aux éleveurs. En outre, d'autres facteurs relatifs à la topographie, l'altitude, la pente et la végétation n'ont pas pu être intégrés et pourraient aider à isoler l'impact du changement climatique.

Malgré ces limites, les conclusions de cette étude mettent en évidence plusieurs interventions politiques possibles pour réduire la vulnérabilité des ménages pastoraux aux impacts du changement climatique. Premièrement, les résultats de l'étude suggèrent que l'adaptation est importante pour contrer l'impact du changement climatique sur le secteur de l'élevage. Les gouvernements locaux et les coopératives devraient sensibiliser les ménages à l'importance et à la nécessité des mesures d'adaptation pour faire face au changement climatique. Deuxièmement, en plus de la sensibilisation des éleveurs, il est nécessaire de les inciter à l'adoption d'espèces animales plus résilientes aux conditions climatiques, afin de contrer l'impact négatif de la hausse des températures et de la réduction des précipitations. Cela devrait être complété par une sensibilisation intensive des communautés dépendantes du bétail sur la nécessité d'adapter leur mode de vie traditionnel à des activités diversifiées.

En termes de recherches futures, il serait intéressant d'analyser l'impact différencié du changement climatique sur les systèmes de production animale en prenant en compte la transhumance.

## Références

- ANSD (2019). Situation économique et sociale du Sénégal en 2016. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ARAUJO-BONJEAN, C., NDIAYE, A. et SANTONI, O. (2019). A qui profite le retour des pluies ? le cas des éleveurs du ferlo. Etudes et documents n° 24,, CERDI.
- BATSUURI, T. et WANG, J. (2017). The impacts of climate change on nomadic livestock husbandry in mongolia. *Climate Change Economics*, 08(03).
- BOZZOLA, M., MASSETTI, E., MENDELSON, R. et CAPITANIO, F. (2017). A ricardian analysis of the impact of climate change on italian agriculture. *European Review of Agricultural Economics*, 45(1):57–79.
- CLINE, W. R. (1996). The impact of global warming of agriculture : comment. *The American Economic Review*, 86(5):1309–1311.
- CSE (2010). Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Rapport technique, Ministère de l'Environnement - Centre de Suivi Ecologique.
- de HAAN, C., éditeur (2016). *Prospects for Livestock-Based Livelihoods in Africa's Drylands*. The World Bank.
- DESCHÊNES, O. et GREENSTONE, M. (2007). The economic impacts of climate change : Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review*, 97(1):354–385.
- DIOP, A. T., MBENGUE, A., NDIAYE, A., DIAGNE, K. et DIOUF, G. (2014). Rapport d'évaluation du projet régional d'appui au pastoralisme au sahel (praps) - volet sénégal. Rapport technique, MEPA.
- FUNK, C. C., ROWLAND, J., ADOUM, A., EILERTS, G., VERDIN, J. et WHITE, L. (2012). A climate trend analysis of senegal. Rapport technique, US Geological Survey.
- GEBREEGZIABHER, Z., MEKONNEN, A., DERIBE, R., ABERA, S., KASSAHUN, M. M. *et al.* (2013). Crop-livestock inter-linkages and climate change implications for ethiopia's agriculture : a ricardian approach. *Environment for Development Discussion Paper-Resources for the Future (RFF)*, (13-14).
- HARRIS, I. C. et JONES, P. D. (2019). Cru ts4.03 : Climatic research unit (cru) time-series (ts) version 4.03 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (jan. 1901- dec. 2018).

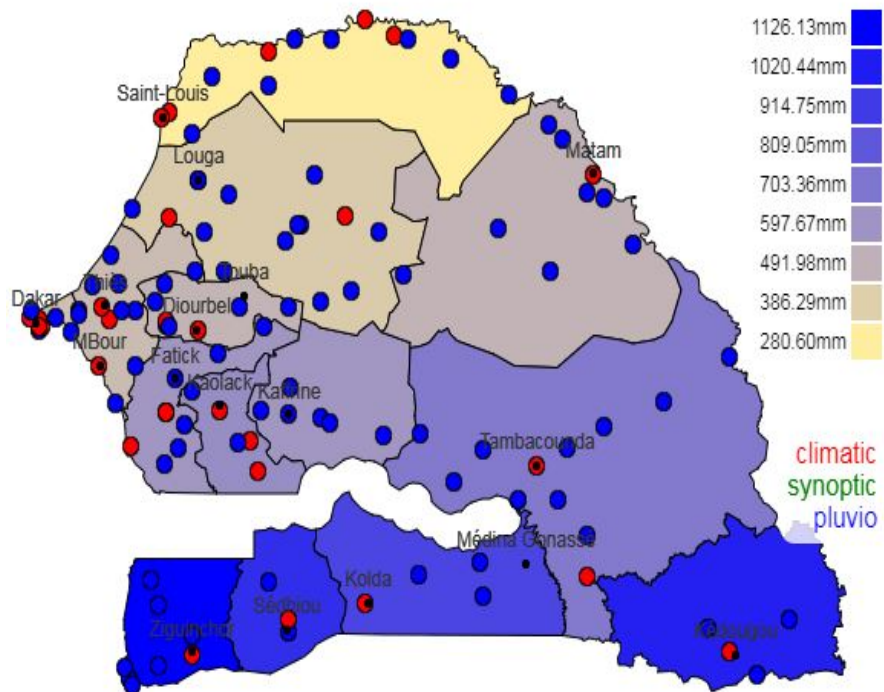
- HENRY, B., CHARMLEY, E., ECKARD, R., GAUGHAN, J. B. et HEGARTY, R. (2012). Livestock production in a changing climate : adaptation and mitigation research in australia. *Crop and Pasture Science*, 63(3):191.
- IPCC (2014). *Climate change 2014 : synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- KABUBO-MARIARA, J. (2008). Climate change adaptation and livestock activity choices in kenya : An economic analysis. *Natural Resources Forum*, 32(2):131–141.
- KABUBO-MARIARA, J. (2009). Global warming and livestock husbandry in kenya : Impacts and adaptations. *Ecological Economics*, 68(7):1915–1924.
- KURUKULASURIYA, P. et AJWAD, M. I. (2006). Application of the ricardian technique to estimate the impact of climate change on smallholder farming in sri lanka. *Climatic Change*, 81(1):39–59.
- KURUKULASURIYA, P., MENDELSON, R., HASSAN, R., BENHIN, J., DERESSA, T., DIOP, M., EID, H. M., FOSU, K. Y., GBETIBOUO, G., JAIN, S., MAHAMADOU, A., MANO, R., KABUBO-MARIARA, J., EL-MARSAFAWY, S., MOLUA, E., OUDA, S., OUEDRAOGO, M., SÉNE, I., MADDISON, D., SEO, S. N. et DINAR, A. (2006). Will african agriculture survive climate change ? *The World Bank Economic Review*, 20(3):367–388.
- LITTLE, P. D., McPEAK, J., BARRETT, C. B. et KRISTJANSON, P. (2008). Challenging orthodoxies : Understanding poverty in pastoral areas of east africa. *Development and Change*, 39(4):587–611.
- MADDISON, D. (2000). A hedonic analysis of agricultural land prices in england and wales. *European Review of Agriculture Economics*, 27(4):519–532.
- MENDELSON, R., NORDHAUS, W. D. et SHAW, D. (1994). The impact of global warming on agriculture : a ricardian analysis. *The American economic review*, pages 753–771.
- MENDELSON, R. O. et MASSETTI, E. (2017). The use of cross-sectional analysis to measure climate impacts on agriculture : Theory and evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2):280–298.
- NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., RANIERI, M. et BERNABUCCI, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3):57–69.
- OU, L. et MENDELSON, R. (2017). Climate adaptation by livestock farmers in asian tropics. *Climate Change Economics*, 08(03).

- PASSEL, S. V., MASSETTI, E. et MENDELSON, R. (2016). A ricardian analysis of the impact of climate change on european agriculture. *Environmental and Resource Economics*, 67(4):725–760.
- POLLEY, H. W., BRISKE, D. D., MORGAN, J. A., WOLTER, K., BAILEY, D. W. et BROWN, J. R. (2013). Climate change and north american rangelands : Trends, projections, and implications. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5):493–511.
- RADENY, M., NKEDIANYE, D., KRISTJANSON, P. et HERRERO, M. (2007). Livelihood choices and returns among pastoralists : evidence from southern kenya. *Nomadic Peoples*, 11(2):31–55.
- RICARDO (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. London.
- RICHARD, D., ALARY, V., CORNIAUX, C. et DUTEURTRE, G. (2019). *Dynamique des élevages pastoraux et agropastoraux en Afrique intertropicale*.
- ROJAS-DOWNING, M. M., NEJADHASHEMI, A. P., HARRIGAN, T. et WOZNICKI, S. A. (2017). Climate change and livestock : Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16:145–163.
- ROSENZWEIG, C. et PARRY, M. L. (1994). Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367(6459):133–138.
- SALVO, D. (2013). Measuring the effect of climate change on agriculture : A literature review of analytical models. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 5(12):499–509.
- SALVO, M. D., DIEGO, B. et GIOVANNI, S. (2014). The ricardian analysis twenty years after the original model : Evolution, unresolved issues and empirical problems. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 6(3):124–131.
- SEO, S. N. (2010). Is an integrated farm more resilient against climate change? a micro-econometric analysis of portfolio diversification in african agriculture. *Food Policy*, 35(1):32–40.
- SEO, S. N. (2014). Adapting to extreme climates : raising animals in hot and arid ecosystems in australia. *International Journal of Biometeorology*, 59(5):541–550.
- SEO, S. N. et MCCARL, B. (2011). Managing livestock species under climate change in australia. *Animals*, 1(4):343–365.
- SEO, S. N., MCCARL, B. A. et MENDELSON, R. (2010). From beef cattle to sheep under global warming? an analysis of adaptation by livestock species choice in south america. *Ecological Economics*, 69(12):2486–2494.

- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2006). Climate change adaptation in africa : a microeconomic analysis of livestock choice. Rapport technique.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2008a). Animal husbandry in africa : climate change impacts and adaptations. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(311-2016-5520):65–82.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2008b). Measuring impacts and adaptations to climate change : a structural ricardian model of african livestock management1. *Agricultural Economics*, 38(2):151–165.
- TOURÉ, I., ICKOWICZ, A., WANE, A., GARBA, I. et GERBER, P. (2012). Systeme d'information sur le pastoralisme au sahel. atlas des evolutions des systemes pastoraux au sahel 1970-2012. Rapport technique, FAO.
- TOURÉ, I., DIOP, A. et DIOUF, A. (2003). Dynamic analysis of landscapes and landcovers for the knowledge and evolution of the pastoral ecosystems in the ferlo-senegal. *In Proceeding of the VII International Rangelands Congress, Editions N. Allsopp ISBN number 0-958-45348-9*, pages 134–136.

## Annexes du Chapitre 3

### A.3.1 – Calcul des prévisions de données de précipitations et de température



Source : Géoportail Sénégal(<https://retd1.teledection.fr/climap/proj/>)

## A.3.2 – Scénarios climatiques

Variables	Valeurs actuelles	2031 - 2060	
		RCP45	RCP85
Précipitations (mm/mois)	31,64	30,23 (-4,45%)	29,74 (-6%)
Température (°C)	28,91	30,16 (+1,25)	30,62 (+1,71)

Source : Calcul d'après les données

## A.3.3 – Régressions des revenus pastoraux suivant les catégories d'éleveurs

	Revenu pastoral du ménage (en logarithme)	
	Modèle 1	Modèle 2
<b><i>Variables climatiques</i></b>		
Précipitations	0.184*** (0.065)	-0.074 (0.110)
Précipitations au carré	-0.002** (0.001)	0.003 (0.002)
Température	12.126** (4.910)	1.018 (4.690)
Température au carré	-0.215** (0.086)	-0.015 (0.083)
<b><i>Caractéristiques socio-économiques</i></b>		
Age du chef de ménage	-0.002 (0.005)	-0,001 (0.005)
Genre du chef de ménage (=1 si homme)	0.360 (0.342)	0.173 (0.277)
Taille du ménage	0.032*** (0.010)	0.101*** (0.016)
<b><i>Caractéristiques géographiques et écologiques</i></b>		
Densité de la population	-0.008 (0.015)	-0.057*** (0.017)
Distance à la ville	0.003 (0.003)	-0.001 (0.003)
Distance au forage	0.012 (0.007)	-0.024** (0.009)
Part des pâturages exploitables en saison sèche	2.810 (3.360)	10.944*** (3.458)
Bassin Arachidier	-0.301 (0.437)	-0.193 (0.681)
Sénégal Oriental	-0.182 (0.285)	-1.841*** (0.555)
Constant	-160.581** (70.511)	-2.263 (66.386)
Observations	554	364
$R^2$	0.150	0.279

Notes : Erreurs standards entre parenthèses. Significatif aux seuils : \*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$



## A.3.4 – Impacts du changement climatique sur les revenus pastoraux suivant les catégories d'éleveurs

Scénarios	Changement dans le revenu (%)	
	Petits éleveurs	Gros éleveurs
Scénario RCP 4.5	-35,85%	-10,44%
Scénario RCP 8.5	-52,01%	-20,62%

Source : Calcul d'après les données

## Chapitre 4

# Vulnérabilité aux chocs et stratégies d'adaptation des ménages pastoraux et agro-pastoraux au Tchad

### Résumé

Une compréhension de la capacité des ménages ruraux à faire face aux chocs est nécessaire pour concevoir des programmes et des interventions de protection sociale appropriés particulièrement en milieu pastoral. Pour cela, ce chapitre s'appuie sur des données collectées auprès de 813 ménages pastoraux et agropastoraux représentatifs des systèmes d'élevage et des zones agro-écologiques au Tchad pour la campagne agropastorale 2017/2018. Les résultats montrent que la plupart des ménages pastoraux au Tchad ont été affectés par plusieurs chocs au cours de la période précédente avec de petits éleveurs davantage affectés par des chocs économiques et des chocs climatiques comparativement aux gros éleveurs confrontés surtout à des maladies animales. En analysant les stratégies d'adaptation suivant les chocs, il ressort de l'étude que le recours à la mobilité à travers l'augmentation des distances et la fréquence est adopté lors de la survenue de chocs climatiques ou de santé animale. Les ventes animales dans une grande proportion constituent une stratégie répondant notamment aux chocs climatiques, économiques et sécuritaires. La diversification des sources de revenus apparaît comme une réponse aux chocs économiques et tend à être adoptée par des éleveurs moins dotés en bétail. Les chocs sécuritaires constituent ceux qui génèrent le moins de réponses de la part des ménages pastoraux. Des différences apparaissent suivant les catégories d'éleveurs avec les ménages pastoraux recourant davantage aux stratégies de mobilité et d'adoption d'espèces animales résilientes comparativement aux ménages agro-pastoraux s'appuyant beaucoup plus sur la diversification des sources de revenus. Nos résultats appellent à des programmes d'assistance pour aider les ménages à prévenir et à atténuer particulièrement les effets des chocs climatiques et de santé animale.

**Mots clés :** Chocs, stratégies d'adaptation, vulnérabilité, pastoralisme, Tchad, Sahel.

## 4.1 Introduction

Les risques font partie intégrante de la vie des ménages, et en particulier des populations rurales des pays en développement. Les chocs, auxquels sont soumis les ménages ruraux, sont de diverses natures et peuvent être classés en deux types : covariant et idiosyncratique. Un choc covariant (sécheresse ou hausse des prix des denrées) renvoie à un choc qui affecte toute une communauté ou une région. Un choc idiosyncratique (décès d'un membre du ménage ou maladie) désigne un choc n'affectant qu'un ménage ou un nombre limité de ménages. Ces deux catégories de chocs peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur le bien-être des ménages ruraux, en particulier dans les pays en développement, où les marchés du crédit et les systèmes de protection formels sont relativement limités (Dercon *et al.*, 2005).

Spécifiquement à l'élevage pastoral, les pasteurs vivent et opèrent dans un environnement sujet aux chocs (Wane *et al.*, 2010). La variabilité climatique joue un rôle central en ayant un impact direct sur la dynamique des ressources naturelles, poussant les éleveurs à faire face aux variations spatio-temporelles. Le changement climatique est également un facteur qui aggrave les perturbations économiques, sociales, culturelles et politiques (volatilité des prix des denrées alimentaires et des aliments pour animaux aux niveaux national et international, maladies, instabilité politique, transformations sociales, etc.). Les pasteurs sont également confrontés au manque d'infrastructures et aux incertitudes du marché, ce qui affecte gravement leurs moyens de subsistance.

Des études menées sur les chocs et stratégies d'adaptation des ménages ruraux en Afrique présentent des limites ayant trait à la prise en compte des chocs et de l'approche méthodologique. D'une part, certaines études sont limitées par le manque d'informations sur tout un ensemble de chocs et se consacrent à l'analyse d'un choc spécifique (Araujo-Bonjean *et al.*, 2019; Berhanu et Beyene, 2015; Bonfrer et Gustafsson-Wright, 2016; Wagstaff et Lindelow, 2013). Cela atténue l'analyse de l'importance relative de différents chocs dans le contexte des pays en développement où l'exposition aux chocs est élevée. Dans le contexte du pastoralisme, la plupart des études sont axées sur l'impact des chocs climatiques (Berhanu et Beyene, 2015; McPeak, 2004). D'autre part, les études portant sur les stratégies d'adaptation face à divers chocs sont limitées sur le plan méthodologique avec l'usage de modèles économétriques univariés (Heltberg et Lund, 2009; Yilma *et al.*, 2014). Cette approche néglige les corrélations potentielles entre une stratégie d'adaptation spécifique et les autres options d'adaptations (Meher *et al.*, 2016; Nguyen *et al.*, 2020). En outre, peu d'études empiriques ont été menées pour analyser spécifiquement les chocs et stratégies d'adaptation dans les systèmes pastoraux et agropastoraux, et particulièrement dans le contexte du Tchad.

Pays sahélien aride, à faible revenu et enclavé d'Afrique centrale, le Tchad est fortement dépendant du pétrole depuis 2003. Les recettes pétrolières ont contribué à l'amélioration des performances économiques, mais elles n'ont pas été suffisantes pour couvrir la demande sociale

d'une population croissante avec une hausse de 25 % au cours de la dernière décennie (World Bank, 2019). Les perturbations climatiques, économiques et sociales ont profondément affecté ce pays nouvellement orienté vers le pétrole, et le secteur pétrolier bénéficie d'importants investissements au détriment d'un secteur primaire de plus en plus négligé. Malgré les efforts en matière de réduction de la pauvreté (de 55 % à 47 % entre 2003 et 2011), les indicateurs présentent toujours un tableau difficile, car le nombre de personnes pauvres a augmenté de 2011 à 2018 (World Bank, 2019). Selon Wane *et al.* (2020), le pays se classe parmi les dix derniers de l'indice de la faim dans le monde (118 sur 119), de l'indice des États fragiles (171 sur 178) et de l'indice d'inégalité entre les sexes (186 sur 189). En plus de ses défis internes, le Tchad a dû faire face à l'arrivée massive de réfugiés provenant de régions instables et touchées par des conflits au Soudan, en République centrafricaine et au Nigeria (World Food Programme, 2019). Cependant, l'élevage pastoral demeure une des principales activités économiques du pays et de génération de revenus pour les ménages ruraux. En ce sens, Wane *et al.* (2020) ont mis en exergue une contribution du pastoralisme à hauteur de 10% du PIB global du Tchad.

Dans ce contexte, caractérisé par l'importance socio-économique du pastoralisme au Tchad et la prévalence de chocs multiformes, l'objectif de ce chapitre consiste à analyser l'adoption d'une stratégie d'adaptation spécifique suivant les différents chocs et les catégories d'éleveurs. Pour cela, nous nous appuyons sur un échantillon représentatif de 813 ménages pastoraux et agro-pastoraux au Tchad avec des enquêtes menées sur la période de référence 2017/2018. Cette étude contribue à la littérature empirique sur la vulnérabilité des ménages ruraux. En premier lieu, cette étude permet une meilleure connaissance sur l'occurrence des chocs dans les systèmes pastoraux et agropastoraux, et de mettre en évidence des déterminants spatiaux ou suivant les catégories d'éleveurs. La majeure partie des études menées étaient principalement axées sur le secteur agricole. En deuxième lieu, alors que la plupart des études précédentes ont examiné séparément l'impact d'un seul type de choc, notre étude analyse les effets de différents types de chocs sur les stratégies d'adaptation.

## **4.2 Exposition aux chocs et stratégies d'adaptation : une revue de la littérature**

Les liens entre les chocs, la vulnérabilité des ménages et les stratégies d'adaptation mises en œuvre en milieu rural ont été étudiés dans différents contextes. Les chocs climatiques et sanitaires ont fait l'objet d'une grande attention dans la littérature empirique. Dans une étude sur les zones rurales en Ethiopie, Dercon *et al.* (2005) ont reporté que tous les ménages déclaraient avoir été confrontés au moins à un choc entre 1999 et 2004. Cette étude a montré que les ménages affectés par la sécheresse au cours des cinq dernières années ont connu une baisse de la consommation d'environ 20% et ceux affectés par des chocs sanitaires de 9%. D'autres

études ont mis en exergue l'importance des chocs sanitaires et les impacts potentiels suivant le statut économique des ménages (Bonfrer et Gustafsson-Wright, 2016; Heltberg et Lund, 2009; Wagstaff et Lindelow, 2013).

Selon Knight *et al.* (2015), en réponse au chocs, les ménages peuvent adopter trois types de stratégies d'adaptation. En premier lieu, on distingue des stratégies basées sur les changements de consommation et la modification des conditions de vie et de travail. En deuxième lieu, les ménages peuvent s'appuyer sur des stratégies fondées sur les actifs à travers les ventes ou le recours à l'épargne. En dernier lieu, les ménages peuvent recourir au capital social avec le support d'autres membres de la communauté ou de programmes d'assistance. Dans une étude dans les zones rurales en Ethiopie, Yilma *et al.* (2014) ont mis en évidence un contexte caractérisé par la survenue de différents chocs avec une prépondérance pour les chocs d'ordre climatique. Pour faire face à ces chocs, l'étude a montré que les ménages adoptent des stratégies différentes avec le recours de l'emprunt et de la vente d'actifs lors de la survenue de chocs sanitaires, tandis que les chocs naturels se distinguent par le recours de l'épargne et d'une baisse de la consommation alimentaire. Toujours en Ethiopie, Porter (2012) a mis en évidence l'adoption d'autres activités non agricoles pour faire face aux chocs. Cette stratégie de diversification des sources de revenus est aussi mise en évidence dans le cadre d'études en Asie à travers des activités liées à l'extraction de ressources naturelles (Nguyen *et al.*, 2020).

Plus spécifiquement à l'activité d'élevage, des études ont été menées sous l'hypothèse de "buffer stock" centrée sur l'accumulation de capital bétail en année favorable pour vendre une partie lors de périodes plus difficiles dans l'optique d'amoindrir les chocs. Sur le plan empirique, cette hypothèse s'est traduite par des résultats contrastés. Dans une étude sur les zones agropastorales en Afrique de l'Ouest, Fafchamps *et al.* (1998) ne trouvent pas d'évidence particulière sur un déstockage du capital de bovins pour faire face à la sécheresse, les résultats ont montré des ventes limitées de caprins pour faire face à ces chocs. Dans le cadre d'un choc climatique, McPeak (2004) a montré que les ménages pastoraux au Kenya ont recours aux ventes d'animaux, mais de manière limitée. Dans la même lignée, Araujo-Bonjean *et al.* (2019) ont montré une relation non linéaire entre la taille du troupeau et les ventes d'animaux avec la survenue de chocs pluviométriques dans les zones pastorales au Sénégal : le nombre de têtes vendues augmente avec la taille du troupeau jusqu'à un certain seuil où les ventes diminuent. L'étude souligne également que pour les petits éleveurs, les animaux sont une forme d'épargne liquide servant en partie à compenser les chocs de revenus. En ce sens, Ngigi *et al.* (2020) ont montré que les ménages pastoraux sahéliens s'appuient sur les ventes d'animaux particulièrement de petits ruminants et sur le capital social à travers les groupes d'entre-aide lors de chocs.

Sur un plan méthodologique, certaines études ont adopté des modèles Probit ou Logit univariés pour analyser séparément les stratégies d'adaptation des ménages contre les chocs Heltberg et Lund (2009); Yilma *et al.* (2014). Toutefois, cette méthode peut être problématique car le choix d'une stratégie d'adaptation spécifique peut être corrélé avec la probabilité de choix d'autres

stratégies (Mehar *et al.*, 2016).

En résumé, la littérature empirique sur les chocs et stratégies d'adaptation mettent en exergue des limites avec certaines études adoptant une approche partielle en analysant un choc spécifique notamment celui climatique. En outre, l'élevage pastoral constitue une activité faisant face à des chocs divers, mais peu d'études ont été menées dans un cadre multi chocs et particulièrement au Tchad.

## 4.3 Contexte de l'étude et données

### 4.3.1 Contexte et sites de l'étude

Cette étude repose sur des données provenant du Projet Pastoral for Data<sup>1</sup> (P4D) « Système de gestion de données piloté par les organisations pastorales ». L'objectif du projet a consisté à évaluer la contribution économique du pastoralisme à l'économie nationale et à renforcer les capacités des organisations pastorales dans la collecte, la gestion et le partage des données. Cette inclusion des organisations pastorales a pour but de consolider leur poids dans les instances de décision. Ces informations pourront être mobilisées pour mener un plaidoyer plus favorable au pastoralisme aux niveaux local, national et international. Le projet est financé par le Fonds International de Développement Agricole (FIDA) et a ciblé trois pays : Tchad, Argentine et Mongolie. Au niveau du Tchad, les organisations pastorales mobilisées constituent le Réseau Billital Marroobé (RBM) et son partenaire tchadien, la Confédération des Organisations Professionnelles des Pasteurs et Acteurs de la Filière Bétail au Tchad (COPAFIB). Avec l'appui technique et scientifique du CIRAD et de la FAO, ces deux organisations ont été fortement impliquées dans la facilitation de l'identification et de l'accès aux ménages pastoraux et agropastoraux durant les enquêtes.

La collecte des données a été effectuée en prenant en compte la diversité des conditions agro-écologiques au Tchad. Avec une superficie de 1 284 000 km<sup>2</sup>, le Tchad constitue un des pays les plus vastes en termes de pastoralisme avec des systèmes d'élevage caractéristiques des trois zones agro-écologiques : les zones saharienne, sahélienne, et soudanienne (Figure 4.1).

La zone saharienne couvre plus de 60% du territoire du pays. Les précipitations sont très faibles variant de 0 à 100 mm par an et la température y est élevée particulièrement entre les mois d'avril et d'octobre. Les dunes et les regs caillouteux constituent les principales caractéristiques des paysages. Cette zone est faiblement peuplée avec une proportion de 1,2% de la population

---

1. Dans le cadre du projet « Système de gestion de données piloté par les organisations pastorales » financé par la FAO et le FIDA, le Cirad a été chargé d'appuyer la collecte, la gestion et l'analyse des données. Dans ce cadre, j'ai eu à intervenir particulièrement au Tchad à travers l'élaboration du questionnaire, la mise en place du dispositif de collecte des données et la formation des enquêteurs. J'ai par la suite contribué à l'analyse des données pour les trois pays Argentine, Mongolie et Tchad.

du pays. Cette zone concentre de grands axes commerciaux transsahariens vers la Lybie avec l'exportation des camelins. Dans le cadre de cette étude, la zone saharienne est composée uniquement de la région du Kanem, et regroupe 12% des ménages de la zone d'intervention.

La zone sahélienne occupe toute la partie centrale du pays et couvre environ 30% du territoire. Elle connaît des précipitations annuelles variant entre 200 et 700 mm concentrées pendant une courte période de trois à quatre mois. Dans le cadre de l'étude, la zone sahélienne couvre les régions du Ouaddaï, Batha, Hadjer Lamis, Wadi Fira, Bahr El Ghazal et du Lac, et représente la majorité des ménages interrogés (58,4%).

La zone soudanienne constitue 10% du territoire. Les précipitations annuelles varient entre 700 et 1200 mm avec une saison des pluies s'étendant de juin à octobre. Le couvert végétal est dominé par la savane arborée et secondairement par des forêts. Les principales cultures sont les céréales et le riz, au détriment du coton dont la production a baissé. La zone soudanienne constitue une zone propice à la transhumance avec la disponibilité des pâturages sur une plus longue période. Cette zone est caractérisée par une forte densité de population pouvant dépasser 27 habitants/ $km^2$ . La zone soudanienne couvre les provinces agropastorales, telles que Chari-Baguirmi, Logone Occidental, Mayo-Kebbi Est, et Guéra, et regroupe 29,6% des ménages enquêtés.

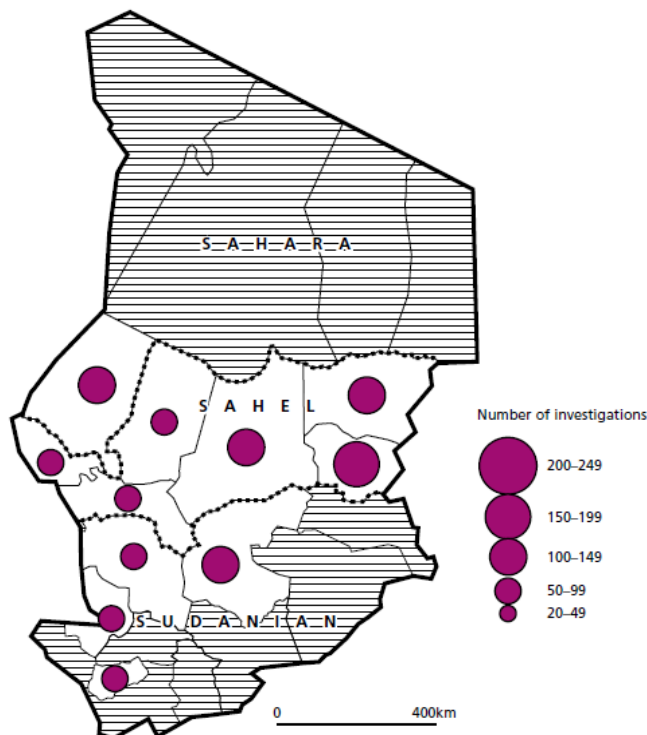


FIGURE 4.1 – Répartition de l'échantillon des ménages enquêtés au Tchad

La répartition du bétail en UBT montre que les provinces du Kanem (14%), du Guéra (12%),

du Bahr El Ghazal (10%) et du Ouaddaï (10%) concentrent les plus grands nombres d'effectifs animaux (Figure 4.2).

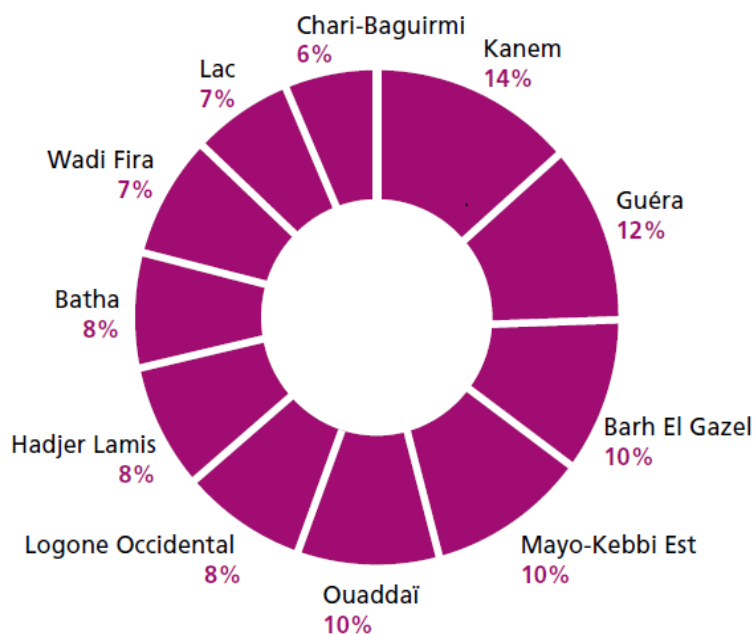


FIGURE 4.2 – Distribution des UBT par région

### 4.3.2 Collecte des données

La collecte des données du Projet Pastoral for Data (P4D) au Tchad a couvert la campagne agropastorale 2017/2018 et s'est effectuée en deux phases.

La première phase a consisté à un recensement des ménages pastoraux et agropastoraux autour de points de regroupement (marchés de bétail, points d'abreuvement, . . .) et en s'appuyant sur des questions relatives aux caractéristiques des ménages, du bétail, de l'accès à l'eau et au foncier. Durant la mise en œuvre de cette première phase de collecte de données, l'échantillon a porté sur 4 000 ménages pastoraux et agropastoraux. Ce travail a été réalisé par 14 collecteurs repartis sur les provinces ciblées du projet. Cette phase a été renforcée par un appui sur les données découlant du Bureau Central du Recensement Général de l'Élevage (BCRGE, 2012-2015).

La seconde phase a été mise en œuvre avec l'élaboration d'un questionnaire portant sur l'économie des ménages, les chocs auxquels ils ont été confrontés ainsi que les stratégies d'adaptation mises en œuvre. Pour chaque ménage, des informations ont été recueillies sur les caractéristiques démographiques, les dotations en termes d'actifs principalement le bétail de même que l'estimation des dépenses et des revenus de différentes sources que sont l'élevage, l'agriculture, les activités salariées et indépendantes ainsi que les transferts issus des migrants. Une attention



particulière a été accordée à la composition du bétail en distinguant les espèces animales ainsi qu'à la valorisation de l'autoconsommation. La collecte de ces informations s'est également basée sur la prise en compte de la sous-saisonnalité, plus conforme et adaptée aux caractéristiques de l'économie du pastoralisme au Sahel.

L'enquête <sup>2</sup> comprend un module spécifique sur les chocs et stratégies d'adaptation. Les questions portent sur les chocs auxquels les ménages ont été confrontés au cours de l'année précédant l'enquête. Ces chocs sont classés en quatre catégories : naturel ou climatique (sécheresse, inondations, pauses pluviométriques, incendies), économique (baisse du prix du bétail, hausse des prix des denrées alimentaires, pertes d'équipement, chômage), sanitaire (maladie, décès ou invalidité), et d'événements liés à la criminalité/conflict/famille (conflit pour la terre ou l'eau, divorce, vol de récoltes et vol de bétail). En outre, les questions portent également sur les principales stratégies d'adaptation spécifiques à un choc. Au final, l'étude porte sur un échantillon de 813 ménages pastoraux et agro-pastoraux.

Par ailleurs, des données qualitatives ont été collectées en complément de l'enquête quantitative entre Juillet et Août 2017 au niveau des provinces du Batha Est, Batha Ouest, Guera et Wadi Fira. Cette approche qualitative a été utilisée en partie pour enrichir l'analyse quantitative en expliquant la perception du changement climatique par les pasteurs et agro-pasteurs, l'exposition à d'autres chocs, et les stratégies d'adaptation mises en place. Les sites ont été sélectionnés suivant les différences en termes de conditions agro-écologiques. Ces enquêtes qualitatives ont porté sur l'organisation de 4 focus groupes regroupant chacun 8 éleveurs et sur 8 entretiens individuels.

## **4.4 Méthodologie**

### **4.4.1 Construction des catégories de chocs, stratégies d'adaptation et d'indice de richesse**

#### **Catégories de chocs**

L'enquête contient des informations sur l'incidence de 13 différents chocs, mais nous les regroupons en cinq catégories principales : les chocs naturels ou climatiques, les chocs économiques, les chocs de santé humaine, les chocs de santé animale et ceux relevant de conflits. Dans la section portant sur les chocs du questionnaire, nous avons demandé aux ménages s'ils avaient subi au cours des derniers 12 mois des chocs naturels ou climatiques (sécheresse, inondations, feux de brousse), des chocs économiques (baisse des prix de vente du bétail, augmentation des prix des intrants ou des denrées alimentaires et perte d'emploi), des chocs de santé humaine

---

2. Voir la section du questionnaire sur les chocs et stratégies d'adaptation en annexe

(maladies et décès dans le ménage), des chocs de santé animale (propagation des maladies animales), et des chocs sécuritaires (conflits et vol de bétail).

### **Inégalités socio-économiques dans les chocs**

Par la suite, nous mesurons les inégalités socio-économiques entre les ménages dans l'occurrence des différents chocs au moyen d'un indice de concentration (cf. par exemple Wagstaff et Van Doorslaer, 2000). L'inégalité saisit la mesure dans laquelle le choc en question est plus élevé chez les pauvres (tel que mesuré par l'indice de richesse basé sur la dotation de bétail). Etant donné que la mesure du résultat est un choc binaire qui s'est produit (1) ou non (0), nous utilisons la version corrigée de l'indice de concentration (Erreygers, 2009). Suivant Bonfrer et Gustafsson-Wright (2016), l'indice de concentration corrigé ou "corrected concentration index" (CCI) peut être exprimé comme suit :

$$CCI(y) = 8 \text{ cov}(y_i, R_i) \quad (4.1)$$

où  $y_i$  indique si le ménage  $i$  a subi le choc spécifique ou non et  $R_i$  représente le rang fractionnel des ménages dans la distribution socio-économique.

Une valeur positive indique une prévalence d'un choc plus concentrée parmi les ménages les plus riches ; une valeur négative renvoie à un choc plus important parmi les ménages plus pauvres.

La mesure de l'indice de richesse est basée sur la dotation du bétail à travers le nombre d'Unités de Bétail Tropical<sup>3</sup> (UBT) par ménage en se référant à la période précédente autrement dit pré-choc.

### **Stratégies d'adaptation**

Les ménages devaient indiquer les stratégies adoptées face aux différents chocs subis. Pour chaque choc, il était possible d'énumérer jusqu'à trois stratégies d'adaptation par ordre de priorité. Au total, les enquêtes portaient sur 20 stratégies réparties en 9 catégories : ne rien faire, augmentation de la mobilité (distance et fréquence), adoption d'espèces animales plus résilientes (camelins et caprins), réduction de la consommation alimentaire, ventes de bétail, ventes d'actifs (charrette, mobilier, bijoux,...), diversification des sources de revenu (salarial, transferts, commerce,...), aides reçues des proches ou de la communauté, et aides de l'Etat ou des ONGs. Nous analysons les stratégies adoptées en distinguant leur ordre de priorité et d'importance.

---

3. Les calculs des UBT ont été effectués en se basant sur les niveaux de conversion suivants : camelin (1), bovin (0,7), ovin (0,1), caprin (0,1), équin (0,8), et asin (0,5) (Makeham and Malcolm, 1986)

#### 4.4.2 Chocs et stratégies d'adaptation

Les ménages agro-pastoraux adoptent plusieurs stratégies d'adaptation pour sécuriser leurs système de production face à de multiples chocs. L'adoption de ces stratégies peut s'effectuer de manière simultanée. Cela implique que l'adoption d'une stratégie revêt un caractère multivarié, et l'analyse d'un modèle univarié peut exclure des informations sur les décisions d'adoption interdépendantes et simultanées (Dorfman, 1996). La spécification empirique des stratégies d'adaptation peut être analysée par deux types de modèles : un modèle multinomial ou un modèle multivarié (Meher *et al.*, 2016). L'une des hypothèses sous-jacentes des modèles multinomiaux constitue le fait que les termes d'erreurs des équations de choix sont mutuellement exclusifs (Greene, 2018). L'incapacité à saisir les facteurs non observés et les interrelations entre les décisions d'adoption de différentes stratégies peut conduire à des biais et des estimations inefficaces (Greene, 2018). La perte d'efficacité dans le processus d'estimation peut entraîner une surestimation des paramètres et des effets des variables explicatives (Cappellari et Jenkins, 2003, 2006). Dans ce contexte, nous utilisons un modèle probit multivarié pour analyser l'influence de divers chocs et d'autres variables sur les stratégies adoptées de manière simultanée. Le modèle probit multivarié permet de prendre en compte la corrélation entre les facteurs non observés et les relations entre les différentes stratégies adoptées. Une source de corrélation peut renvoyer à la complémentarité (corrélacion positive) ou à la substituabilité (corrélacion négative) entre les différentes stratégies (Belderbos *et al.*, 2004). Cette approche constitue une amélioration par rapport à certaines études précédentes qui examinaient l'adoption de stratégies uniques et ne prenaient pas en compte la nature non mutuellement exclusive des stratégies d'adaptation.

Le résultat observé de l'adoption d'une stratégie peut être modélisé dans un cadre d'utilité aléatoire. Considérons le  $i^{eme}$  ménage agro-pastoral ( $i = 1, \dots, N$ ) qui est confronté à une décision d'adopter ou non des stratégies d'adaptation. Soit  $U_0$  représentant l'utilité obtenue par le ménage agro-pastoral lorsqu'il décide de ne pas adopter une stratégie, et soit  $U_k$  représentant l'utilité obtenue par le ménage lorsqu'il adopte la  $k^{ieme}$  stratégie. Un ménage agro-pastoral décide d'adopter la  $k^{ieme}$  stratégie d'adaptation si le bénéfice net est supérieur à 0, autrement dit  $Y_{ik}^* = U_k - U_0 > 0$ . Le bénéfice net ( $Y_{ik}^*$ ) que le ménage agro-pastoral tire de la  $k^{ieme}$  stratégie est toutefois une variable latente qui est déterminée par les caractéristiques socio-économiques du ménage, les caractéristiques géographiques ainsi que les chocs auxquels les ménages sont confrontés ( $X_i$ ) et les caractéristiques non observées ( $\mu_i$ ).

$$Y_{ik}^* = X_i \beta_k + \mu_i \quad (4.2)$$

Le modèle Probit multivarié est caractérisé par un ensemble de variables binaires dépendantes  $K$ , qui est égal à 1 si le  $i^{eme}$  ménage agro-pastoral adopte la stratégie  $k$ , et zéro sinon, de sorte que :

$$Y_k = \begin{cases} 1 & \text{si } Y_{ik}^* > 0 \\ 0 & \text{autrement} \end{cases} \quad k(M,R,C,V,D) \quad (4.3)$$

Où M : Augmentation de la mobilité, R : Adoption d'espèces animales résilientes, C : réduction de la consommation, V : Ventes animales et D : Diversification des sources de revenus.

Dans le modèle multivarié, où l'adoption de plusieurs stratégies est possible, les termes d'erreur suivent conjointement une distribution normale multivariée (MVN) avec une moyenne conditionnelle nulle et une variance normalisée à l'unité (pour l'identification des paramètres) où  $(\mu_S, \mu_F, \mu_O, \mu_I, \mu_C) \approx MVN(0, \Omega)$  et la matrice de covariance symétrique  $\Omega$  est donnée par :

$$\Omega = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{MR} & \rho_{MC} & \rho_{MV} & \rho_{MD} \\ \rho_{RM} & 1 & \rho_{RC} & \rho_{RV} & \rho_{RD} \\ \rho_{CM} & \rho_{CR} & 1 & \rho_{CV} & \rho_{CD} \\ \rho_{VM} & \rho_{VR} & \rho_{VC} & 1 & \rho_{VD} \\ \rho_{DM} & \rho_{DR} & \rho_{DC} & \rho_{DV} & 1 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Les éléments hors diagonale de la matrice de covariance représentent la corrélation non observée entre les composantes stochastiques des différentes stratégies d'adaptation. Cette hypothèse signifie que l'équation 4.3 donne un modèle Probit multivarié qui représente conjointement les décisions d'adopter une stratégie. Cette spécification avec des éléments hors diagonale non nuls permet d'établir une corrélation entre les termes d'erreur de plusieurs équations latentes, qui représentent des caractéristiques non observées influant sur le choix d'autres stratégies d'adaptation (Gebremariam et Tesfaye, 2018).

## 4.5 Résultats et discussion

### 4.5.1 Caractéristiques des chocs

La Figure 4.3 présente la fréquence des chocs subis par les ménages pastoraux au cours de l'année précédente au Tchad. Les statistiques montrent une forte occurrence des chocs avec 88,2% des ménages déclarant avoir subi au moins un choc au cours des 12 derniers mois. Cette proportion élevée s'inscrit dans la même lignée que d'autres études en milieu rural. En se basant sur une période de rappel similaire d'un an, Yilma *et al.* (2014) ont trouvé qu'environ 73% des ménages ruraux en Ethiopie avaient subi au moins un choc. Auparavant, Dercon *et al.* (2005) ont constaté que dans les zones rurales en Ethiopie, la quasi-totalité des ménages avaient subi au moins un choc durant les cinq dernières années. Sur la base d'une période de rappel de trois ans, Heltberg et Lund (2009) ont constaté qu'au Pakistan, environ 63% des ménages ont été confrontés au moins à un choc.

En outre, nous constatons que les ménages pastoraux subissent de multiples chocs (Figure 4.4). La proportion de ménages reportant uniquement un choc est de l'ordre de 12,4%, tandis que les ménages étant confrontés à 3 et 4 chocs représentent des proportions de l'ordre de 33,2 et 14,5% respectivement. Les chocs les plus fréquents constituent les chocs climatiques ou naturels à hauteur de 68,4%. Ces tendances sont similaires aux études de Yilma *et al.* (2014) et Dercon *et al.* (2005). Contrairement à ces études, les chocs d'ordre sécuritaire occupent une place importante avec un contexte marqué par la survenue de conflits et la récurrence des vols de bétail.

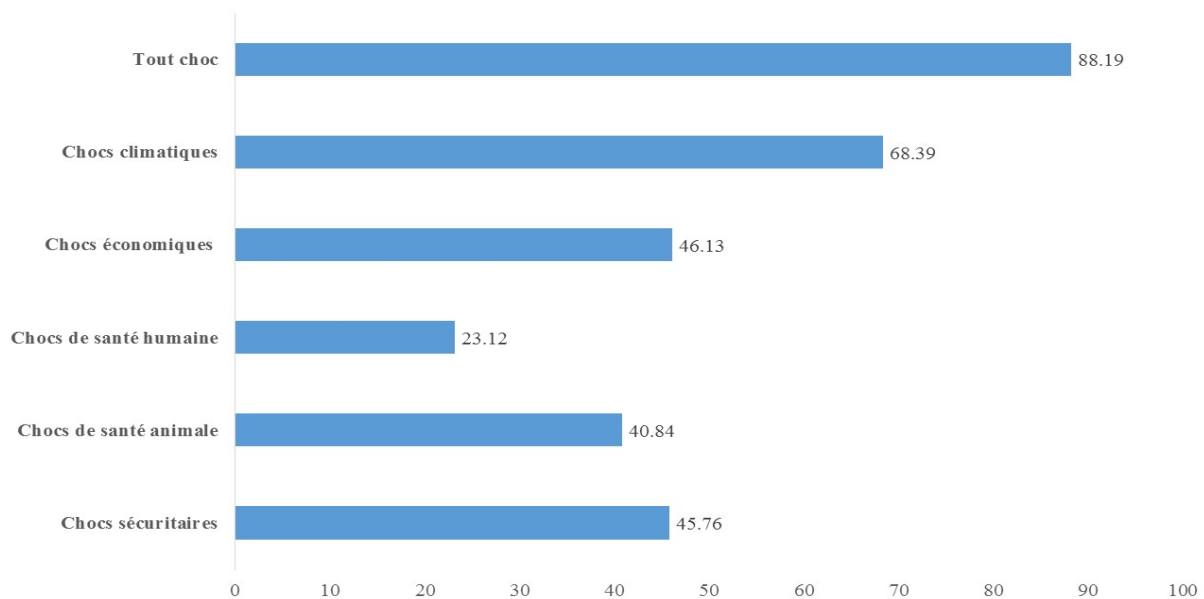


FIGURE 4.3 – Incidence des chocs (pourcentage des ménages)

Le Tableau 4.1 présente l'occurrence des chocs reportés par les ménages au cours des 12 derniers mois ainsi que leur indice de concentration suivant la catégorie de richesse des ménages. La survenue de la sécheresse est le choc le plus reporté à hauteur de 59,2%. Les maladies animales sont également un choc prégnant affectant près de 40,3% des ménages suivi des chocs sécuritaires que sont les conflits (33,7%) et les vols de bétail et d'actifs (28%). Les chocs économiques sont aussi évoqués particulièrement la hausse des prix des aliments de bétail (24,5%) qui constituent un complément important lors de la survenue de la sécheresse ou plus globalement en période de soudure. Pour analyser l'ampleur de l'impact d'un choc sur une catégorie de ménages, nous mesurons la richesse du ménage en considérant le stock de bétail sur la période précédente d'avant choc exprimé en Unité de Bétail Tropical (UBT). En classant les ménages selon leur indice de richesse et en calculant l'indice de concentration de la variable de choc, nous constatons que le choc économique "Baisse du prix du bétail" est plus concentré parmi les ménages pauvres comme le reflète l'indice de concentration négatif (-0,219). Cette situation peut s'expliquer par le fait que les petits éleveurs ont davantage recours au marché pour

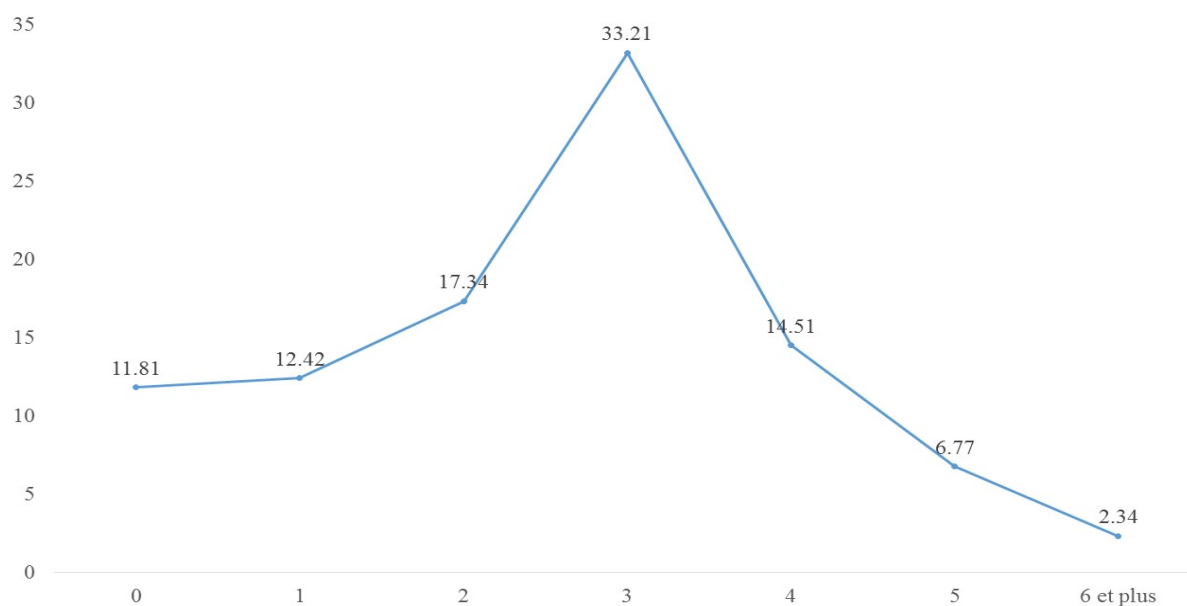


FIGURE 4.4 – Nombre de chocs subis (pourcentage des ménages)

satisfaire leurs besoins de consommation courants et peuvent être vulnérables aux fluctuations du prix du bétail. De même ; la sécheresse affecte davantage les ménages les plus pauvres avec un indice de concentration négatif mais d'une plus faible amplitude (-0,079). La propagation de maladies animales constituant le deuxième choc par ordre d'importance est plus concentré parmi les grands éleveurs. Cela peut s'expliquer par le fait que ces ménages davantage dotés en bétail peuvent être plus exposés à des épidémies touchant de larges troupeaux.

#### 4.5.2 Stratégies d'adaptation

Dans ce contexte de chocs multiformes, les ménages pastoraux et agropastoraux au Tchad ont révélé développer toute une gamme de stratégies en les hiérarchisant (Figure 4.5). Pour chaque choc, les ménages pouvaient énumérer jusqu'à trois stratégies d'adaptation mises en œuvre par ordre de priorité. Nous distinguons ainsi trois séries de stratégies suivant leur ordre d'importance. Dans la première série de stratégie, l'option prioritaire des ménages consiste à renforcer leur mobilité en augmentant la fréquence et l'amplitude des mouvements de bétail (71%), et par la suite les ventes d'animaux pour faire face aux frais liés aux chocs (26%). Dans une moindre mesure, les ménages pastoraux et agro-pastoraux ont aussi recours à la diversification des sources de revenus avec la participation dans des activités salariées ou commerciales hors pastoralisme (15%), et à des stratégies alimentaires à travers la réduction de la consommation (13%).

La deuxième série de stratégies complémentaires consistent à réduire l'intensité de certaines stratégies prioritaires décrites dans la première série particulièrement la mobilité du bétail (de 71 à 11%). En revanche, les ménages consolident le recours à d'autres stratégies comme la réduction

TABLEAU 4.1 – Caractéristiques des chocs

Nature du choc	Occurrence du choc	Indice de concentration
Choc naturel ou climatique		
Sécheresse	0,592	-0,079
Inondation	0,065	0,023
Feux de brousse	0,126	0,098
Choc économique		
Baisse du prix du bétail	0,123	-0,219
Hausse des prix des denrées alimentaires	0,151	-0,012
Hausse des prix des aliments de bétail	0,245	0,001
Interruption des transferts reçus des migrants	0,01	-0,003
Pertes de revenus salariaux	0,06	0,021
Choc de santé animale		
Propagation de maladies animales	0,403	0,102
Choc de santé humaine		
Accident d'un membre actif du ménage	0,140	-0,006
Décès d'un membre actif du ménage	0,136	-0,099
Choc sécuritaire		
Conflits	0,337	-0,049
Vols de bétail ou d'actifs	0,280	0,068

de la consommation alimentaire (de 13 à 38%), la diversification des sources de revenus (de 15 à 29%), la vente de bétail (de 26 à 30%) ou encore l'adoption d'espèces animales plus résilientes à travers les camelins et les caprins (de 8 à 11%). A cette étape, nous distinguons d'autres stratégies relatives à la mobilisation du réseau social avec les possibilités d'appuis reçus des proches ou de la communauté, et la cession des actifs non-productifs (mobiliers, bijoux,...).

Au niveau de la troisième série de stratégies, nous constatons une proportion plus importante de ménages ne recourant pas à une stratégie complémentaire lors de la survenue d'un choc à hauteur de 40%. A ce stade, les stratégies relatives à la vente d'actifs non-productifs, aux aides apportées par les proches et à l'aide reçue de l'Etat font l'objet d'un recours plus important de la part des ménages comparativement aux stratégies prioritaires. A ce titre, il convient de noter que les ménages pastoraux et agropastoraux cherchent à mobiliser prioritairement des stratégies basées sur leur propre système d'action plutôt que de s'appuyer sur des tiers sous forme d'aides et de crédits.

### 4.5.3 Facteurs affectant le choix des stratégies d'adaptation aux chocs par les ménages

Les résultats de l'estimation du modèle Probit multivarié sont présentés et discutés dans cette section. Avant cela, nous examinons d'abord la qualité d'ajustement du modèle dans le Tableau 4.2. Le test de Wald de l'hypothèse selon laquelle tous les coefficients de régression de chaque équation sont conjointement égaux à zéro est rejeté, ce qui indique que le modèle s'adapte bien aux données. De même, le test du rapport de vraisemblance  $\chi^2(10) = 48,17$  ( $p < 0,01$ ) permet de

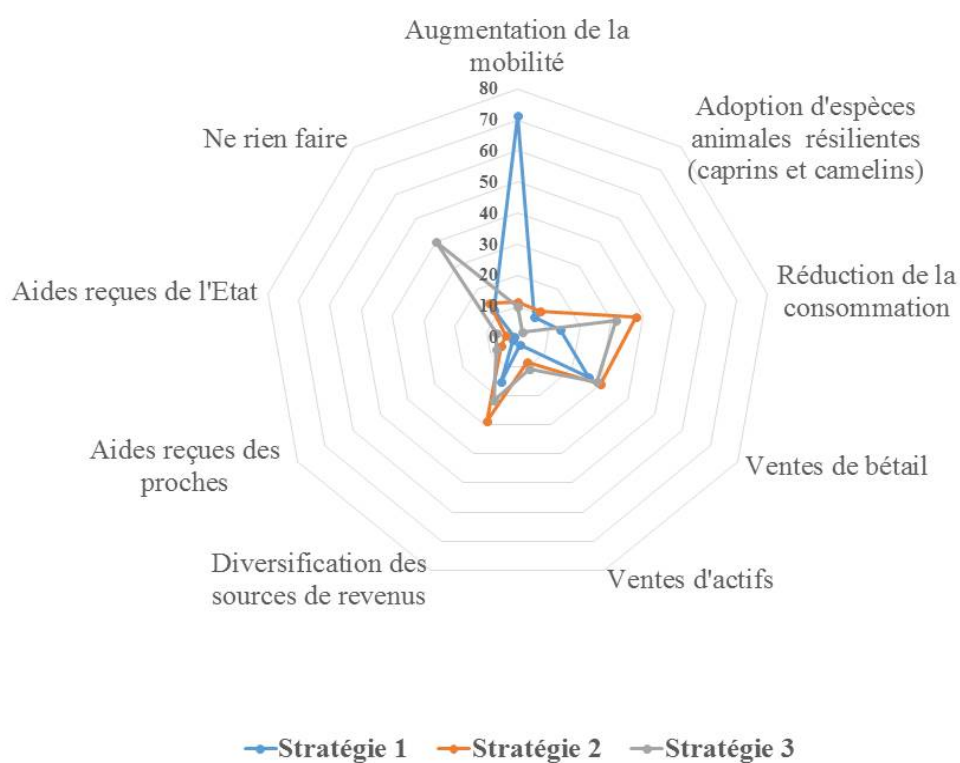


FIGURE 4.5 – Stratégies d'adaptations par ordre d'importance



rejeter l'hypothèse d'indépendance des erreurs selon laquelle la décision d'adopter des stratégies est mutuellement indépendante. Cela confirme notre hypothèse selon laquelle les termes d'erreur des équations de choix de stratégies sont corrélés, et cela justifie l'utilisation du modèle Probit multivarié au lieu d'un modèle Probit univarié. Ce choix est également confirmé par le fait que les coefficients de corrélation par paire entre les termes d'erreur des équations d'adoption de stratégies sont significativement différents de zéro dans quatre des dix combinaisons possibles.

TABLEAU 4.2 – Coefficient de corrélation des termes d'erreur obtenus à partir de l'estimation du modèle multivarié

Combinaisons de stratégies d'adaptation	Coefficient de corrélation ( $\rho_{ij}$ )
Mobilité et choix d'espèces résilientes	0,176 (0,130)
Mobilité et réduction de la consommation	-0,256 (0,100)**
Mobilité et ventes de bétail	0,164 (0,096)*
Mobilité et diversification	-0,317 (0,092)***
Choix d'espèces résilientes et réduction de la consommation	-0,011 (0,105)
Choix d'espèces résilientes et ventes de bétail	0,024 (0,094)
Choix d'espèces résilientes et diversification	-0,089 (0,123)
Réduction de la consommation et ventes de bétail	-0,027 (0,119)
Réduction de la consommation et diversification	-0,156 (0,080)**
Ventes de bétail et diversification	0,031 (0,102)

Notes : Likelihood ratio test of  $\rho_{21} = \rho_{31} = \rho_{41} = \rho_{51} = \rho_{32} = \rho_{42} = \rho_{52} = \rho_{43} = \rho_{53} = \rho_{54} = 0$ ;  $\chi^2(10) = 48, 17^{***}$

Erreurs standard robustes avec un cluster au niveau de la commune. \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Une corrélation positive entre les stratégies d'adaptation montre que les ménages les perçoivent comme des compléments, tandis qu'une relation négative montre que les ménages considèrent un arbitrage entre les stratégies. Toutefois, une corrélation négative peut parfois renvoyer à un problème d'adéquation d'une combinaison de stratégies en fonction des conditions de vie des ménages (Mehtar *et al.*, 2016). Nous trouvons une corrélation positive et significative entre l'adoption d'une mobilité accrue et la vente de bétail, montrant la complémentarité entre ces deux stratégies. Cette situation peut s'expliquer par le fait que la transhumance permet aux ménages pastoraux de s'adonner à diverses ventes lors de leur trajet dans des zones présentant de bonnes opportunités, mais aussi pour supporter les coûts associés aux déplacements. En revanche, les stratégies de mobilité et de diversification des sources de revenus sont associées à une corrélation significative et négative. Dans la même lignée, les stratégies associées à la réduction de la consommation présentent des coefficients significatifs et négatifs notamment en ce qui concerne la mobilité et la diversification des sources de revenus. Cela peut suggérer que les ménages très affectés par un choc ayant conduit à réduire leur consommation alimentaire peuvent éprouver des difficultés pour recourir à d'autres stratégies.

Les déterminants des stratégies d'adaptation des ménages pastoraux et agro-pastoraux face aux multiples chocs sont présentés au Tableau 4.3. La colonne (1) montre l'effet des chocs sur la probabilité de recourir à la mobilité avec une amplitude et une fréquence plus importantes. L'occurrence des chocs climatiques et sanitaires particulièrement les maladies animales sont

TABLEAU 4.3 – Déterminants des stratégies d'adaptation (Probit multivarié)

	Probabilité ( <i>Strategie</i> <sup>n</sup> = 1)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Augmentation de la mobilité	Adoption d'espèces animales résilientes	Réduction de la consommation	Ventes de bétail	Diversification des sources de revenus
<i>Types de chocs</i>					
Chocs climatiques	0,286*** (0,044)	0,058** (0,022)	0,045 (0,028)	0,111*** (0,035)	0,065 (0,059)
Chocs économiques	0,042 (0,045)	0,092*** (0,019)	0,075** (0,031)	0,104*** (0,027)	0,078*** (0,027)
Chocs de santé animale	0,217*** (0,046)	0,145*** (0,044)	0,058 (0,039)	0,184*** (0,045)	0,206*** (0,046)
Chocs de santé humaine	0,069* (0,037)	0,064*** (0,017)	0,091** (0,037)	0,036 (0,032)	0,032 (0,026)
Chocs sécuritaires	0,042 (0,045)	-0,016 (0,021)	-0,085 (0,045)	0,096** (0,039)	-0,002 (0,039)
<i>Statut économique</i>					
Quartile d'actifs 2	0,040 (0,041)	-0,021 (0,024)	0,047 (0,035)	0,047 (0,035)	0,007 (0,028)
Quartile d'actifs 3	-0,015 (0,045)	-0,068* (0,039)	0,035 (0,045)	0,015 (0,045)	-0,078** (0,039)
Quartile d'actifs 4	0,079* (0,044)	-0,030 (0,033)	-0,024 (0,039)	0,061 (0,046)	-0,017 (0,032)
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>					
Age du chef de ménage	-0,002** (0,001)	-0,001** (0,001)	0,003*** (0,001)	0,000 (0,001)	-0,001 (0,001)
Proportion d'adultes éduqués	0,385*** (0,145)	0,046 (0,052)	0,010 (0,065)	-0,126 (0,078)	0,174** (0,071)
Taille du ménage	-0,003 (0,004)	0,003 (0,003)	-0,002 (0,007)	-0,003 (0,003)	0,009* (0,005)
Proportion d'hommes adultes	-0,106 (0,073)	-0,064 (0,042)	-0,057 (0,048)	-0,079 (0,048)	-0,083 (0,075)
Proportion de personnes âgées	-0,081 (0,344)	-0,415 (0,265)	-0,177 (0,191)	0,324** (0,125)	-0,501 (0,376)
Proportion d'enfants	-0,092 (0,099)	-0,072* (0,043)	-0,133** (0,063)	-0,055 (0,054)	0,024 (0,082)
Distance à la ville	0,003*** (0,001)	0,001* (0,000)	-0,001** (0,000)	0,002*** (0,001)	-0,001* (0,000)
Nombre d'observations	717				

Notes : La catégorie de référence pour les quartiles d'actifs est le quartile le plus pauvre et la catégorie de référence pour les zones agro-écologiques constitue la zone sahélienne.

Erreurs standard robustes avec un cluster au niveau de la commune. \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

favorables à l'adoption de la mobilité. La transhumance constitue la principale stratégie mise en œuvre pour faire face à un environnement incertain et pour la recherche de pâturages et d'eau surtout durant la saison sèche. L'allongement de la durée de la transhumance et les changements au niveau des zones d'accueil ont été évoqués durant les enquêtes qualitatives avec les éleveurs mettant en avant la forte variabilité climatique. En outre, cette stratégie de mobilité plus accrue peut se justifier avec la propagation de maladies animales découlant souvent de la forte concentration de troupeaux dans une zone donnée (de Haan, 2016). La colonne (2) renvoie à l'adoption d'espèces animales plus résilientes comme les caprins et les camelins. La survenue de chocs climatiques, économiques et sanitaires renforcent le recours à cette stratégie. Durant les enquêtes qualitatives, les éleveurs ont évoqué la diversification des espèces animales en ayant davantage recours aux caprins et camelins. Ces tendances sont confirmées par des études en Éthiopie (Berhanu et Beyene, 2015) où nous notons un recours plus accru aux camelins, et au Sénégal (?) où nous relevons une évolution favorable à l'adoption de petits ruminants (ovins et caprins) au détriment des bovins. Dans la colonne (3), les chocs économiques et ceux relatifs à la santé humaine sont corrélés positivement à la stratégie de réduction de la consommation. Les ménages confrontés à un choc sanitaire peuvent réduire leurs dépenses de consommation pour couvrir des dépenses sanitaires. En outre, avec la survenue des chocs économiques comme l'augmentation du prix des denrées alimentaires, les enquêtes qualitatives montrent que les ménages tendent à réduire leurs dépenses de consommation et à adopter des produits de substitution moins coûteux. Les résultats de la colonne (4) indiquent que les ménages pastoraux ont tendance à vendre des animaux dans une proportion plus accrue lors de la survenue de chocs climatiques, économiques, sécuritaires ou encore avec la propagation de maladies animales. Cette stratégie de ventes permet aux ménages de satisfaire leurs besoins de consommation et de couvrir des dépenses sanitaires notamment pour le bétail. Par ailleurs, une situation sécuritaire précaire avec la survenue de conflits ou l'importance des vols de bétail peut entraîner une hausse des ventes d'animaux pour éviter des pertes potentielles et pour la gestion d'un troupeau plus limité. Dans une étude menée dans les zones pastorales au Kenya, (Kinyua *et al.*, 2011) ont montré que les éleveurs précédemment, confrontés à un contexte d'insécurité avec les vols de bétail, avaient tendance à davantage vendre des animaux pour se prémunir de risques éventuels. La colonne (5) montre que les chocs économiques et les maladies animales sont positivement associés à la probabilité que les ménages diversifient leurs sources de revenus. Ces résultats sont confirmés par l'étude de Dedehouanou *et al.* (2018) qui montre que les ménages ruraux au Niger affectés par une hausse des prix des denrées alimentaires et des intrants étaient plus susceptibles de participer à des activités indépendantes non agricoles. Les effets des chocs sur les stratégies d'adaptation traduisent le fait que les ménages pastoraux sont particulièrement pro-actifs dans le cadre de chocs sanitaires relatifs aux maladies animales. Cela peut s'expliquer par le fait que le bétail constitue le principal élément du patrimoine des éleveurs. Les chocs sécuritaires font l'objet de peu de stratégies mises en œuvre du fait que c'est davantage du ressort des autorités publiques.

En s'intéressant au statut économique, les ménages les plus riches ont tendance à davantage adopter la mobilité en augmentant la fréquence et les distances parcourues comparativement aux ménages du premier quartile. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les ménages relevant du quatrième quartile dispose de plus de ressources pour supporter les coûts de la transhumance. De plus, ces ménages plus dotés en bétail peuvent procéder à une division du troupeau avec des différences en termes de mobilité pour une meilleure gestion des risques. En ce qui concerne l'adoption d'espèces animales plus résilientes (camelins et caprins), les ménages relevant du troisième quartile sont moins susceptibles d'adopter cette pratique comparativement au premier quartile. Cela peut s'expliquer par le fait que les ménages dotés de plus de bétail sont davantage spécialisés sur l'élevage de bovins, comparativement aux petits éleveurs qui peuvent davantage se focaliser sur les caprins. Ces tendances s'inscrivent dans la lignée de Seo et Mendelsohn (2008) qui ont montré, dans une étude sur l'impact du changement climatique sur l'élevage en Afrique, que les grands éleveurs peuvent être plus vulnérables du fait de leur spécialisation avec les bovins constituant une espèce plus rentable, tandis que les petits éleveurs peuvent se tourner vers les petits ruminants (ovins et caprins). Au niveau de la stratégie de diversification, il y a une corrélation négative et significative entre l'appartenance au troisième quartile et l'adoption de la diversification des sources de revenus. Cette tendance est dans la lignée des résultats obtenus au deuxième chapitre de la thèse où il ressort que les ménages pastoraux moins dotés en bétail pratiquent davantage la diversification des sources de revenus. Ces résultats sont confirmés par les études de Berhanu *et al.* (2007) en Ethiopie et de Mburu *et al.* (2017) au Kenya où les ménages pastoraux moins dotés en bétail tiraient une large part de leurs revenus des activités salariées et indépendantes (commerce, artisanat,...).

Certaines caractéristiques relatives aux ménages et à leur localisation ont également des effets significatifs sur le choix des stratégies d'adaptation contre les chocs. Nous constatons que la probabilité d'adopter une mobilité plus accrue et des espèces animales résilientes (caprins et camelins) diminue avec l'âge. Cela implique que les ménages dirigés par des jeunes sont plus enclins à la pratique de la transhumance sur de longues distances compte tenu de la charge de travail associée. De plus, les générations plus âgées de pasteurs sont moins susceptibles d'adopter des espèces résilientes comme les caprins et les camelins. Cela peut s'expliquer par la fonction de patrimoine et de capital social que revêt l'élevage de bovins (Mburu *et al.*, 2017; Wane *et al.*, 2010). Les mêmes tendances ont été observées dans les zones pastorales en Ethiopie où les ménages dirigés par des jeunes adoptaient plus de camelins et recouraient davantage à la mobilité sur de longues distances (Berhanu et Beyene, 2015). L'adoption d'une stratégie de réduction de la consommation diminue suivant l'importance de la proportion d'enfants dans le ménage. Les ménages éloignés de la ville sont plus susceptibles de vendre des animaux pour faire face aux chocs. Cela peut s'expliquer en partie par le fait que les ménages éloignés peuvent avoir moins de possibilités de gagner un revenu additionnel découlant d'autres activités pour compenser les pertes dues aux chocs. En ce qui concerne la diversification, la taille du ménage et la proportion d'adultes éduqués ont un effet positif et significatif. Cela traduit la possibilité

pour le ménage d'allouer une partie de la main d'œuvre familiale à d'autres activités. De même, certains membres du ménage disposant d'une éducation formelle (au minimum le niveau primaire) peuvent avoir des opportunités d'emplois. En dernier lieu, les ménages à proximité des villes sont plus susceptibles de diversifier leurs sources de revenus compte tenu des opportunités plus importantes en termes d'activités.

### *Hétérogénéité des stratégies d'adaptation suivant les catégories d'éleveurs*

Le Tableau 4.4 présente la probabilité d'adoption d'une stratégie spécifique face à de multiples chocs suivant les catégories d'éleveurs.

TABLEAU 4.4 – Déterminants des stratégies d'adaptation suivant les catégories d'éleveurs

	Probabilité ( <i>Strategie</i> <sup>n</sup> = 1)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Augmentation de la mobilité	Adoption d'espèces animales résilientes	Réduction de la consommation	Ventes de bétail	Diversification des sources de revenus
<i>Pasteurs</i>					
Chocs climatiques	0,280*** (0,038)	0,048* (0,028)	0,044 (0,040)	0,162*** (0,048)	0,020 (0,067)
Chocs économiques	0,100** (0,039)	0,106*** (0,023)	0,048 (0,034)	0,064* (0,037)	0,082*** (0,027)
Chocs de santé animale	0,256*** (0,039)	0,143*** (0,026)	0,062* (0,038)	0,174*** (0,039)	0,254*** (0,029)
Chocs de santé humaine	0,090** (0,037)	0,018 (0,022)	0,071** (0,042)	0,063* (0,034)	0,004 (0,027)
Chocs sécuritaires	0,125*** (0,039)	-0,011 (0,023)	-0,120 (0,047)	0,055 (0,033)	-0,004 (0,026)
Nombre d'observations	515				
<i>Agro-pasteurs</i>					
Chocs climatiques	0,260*** (0,041)	0,077 (0,066)	0,073 (0,067)	0,291*** (0,074)	0,155*** (0,042)
Chocs économiques	0,057 (0,050)	0,087* (0,051)	0,110* (0,064)	0,158*** (0,072)	0,136** (0,048)
Chocs de santé animale	0,263*** (0,045)	0,060 (0,065)	0,073 (0,070)	0,182*** (0,0804)	0,140* (0,071)
Chocs de santé humaine	0,051 (0,078)	0,105** (0,042)	0,209*** (0,061)	0,121 (0,080)	0,156** (0,064)
Chocs sécuritaires	0,002 (0,054)	-0,013 (0,043)	0,089 (0,062)	0,077 (0,074)	0,123* (0,067)
Nombre d'observations	202				

Notes : La catégorie de référence pour les quartiles d'actifs est le quartile le plus pauvre et la catégorie de référence pour les zones agro-écologiques constitue la zone sahélienne.

Erreurs standard robustes avec un cluster au niveau de la commune. \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

L'augmentation de la mobilité à travers la distance et la fréquence constitue la stratégie prioritaire pour les ménages pastoraux lors la survenue des différents chocs. En revanche, les agro-pasteurs ont recourt à transhumance en cas de chocs climatiques ou lors d'importantes maladies animales. En termes d'organisation, les agro-pasteurs mobilisent généralement une partie de la famille pour assurer la mobilité des troupeaux lors d'une grave crise ou recourent à des bergers salariés en complément. Une autre différence notable a trait à l'adoption d'espèces animales résilientes (camelins et caprins) où les pasteurs présentent une propension plus importante d'uti-

liser cette stratégie comparativement aux agro-pasteurs. Cette différence apparaît surtout lors de la survenue de chocs climatiques qui peut inciter davantage les pasteurs se tourner vers l'élevage de petits ruminants et de camélins comparativement à celui de bovins. Ces derniers présentent une vulnérabilité plus accrue au changement climatique en particulier avec la hausse des températures (Rojas-Downing *et al.*, 2017). En ce qui concerne les agro-pasteurs, la propension moins importante de recourir à cette stratégie peut s'expliquer en partie par les conditions climatiques favorables aux précipitations en zone soudanienne qui ne sont pas propices à l'élevage de camélins tout au long de l'année. De plus, l'élevage de bovins constitue un bon complément aux pratiques agricoles. Quant à la diversification des sources de revenus, cette stratégie est davantage utilisée par les agro-pasteurs comparativement aux ménages pastoraux. Cela peut s'expliquer par le fait que les ménages agro-pastoraux moins susceptibles de se déplacer peuvent développer des activités commerciales ou exercer des emplois dans leur terroir d'attache.

### ***Déterminants du nombre de stratégies d'adaptation***

Les ménages pastoraux et agro-pastoraux peuvent adopter plusieurs stratégies pour minimiser les impacts de multiples chocs. Comme les éleveurs adoptent un certain nombre de stratégies de gestion du risque, le modèle de régression de Poisson a été estimé pour déterminer les déterminants du nombre de stratégies d'adaptation et les résultats sont présentés dans le Tableau 4.5.

TABLEAU 4.5 – Déterminants du nombre de stratégies d'adaptation face aux chocs (estimations de Poisson).

Variables	Coefficient	Erreur Standard
<i>Statut économique</i>		
Quartile d'actifs 2	0,142**	0,064
Quartile d'actifs 3	0,057	0,076
Quartile d'actifs 4	0,117	0,081
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>		
Genre du chef de ménage (=1 si c'est un homme)	0,273***	0,071
Age du chef de ménage	-0,005***	0,002
Taille du ménage	0,030***	0,008
Proportion d'adultes éduqués dans le ménage	0,159*	0,094
Proportion d'hommes dans la main d'oeuvre familiale	0,073	0,113
Proportion de personnes âgées	-0,289	0,304
Proportion d'enfants	0,104	0,117
Distance au chef-lieu du département	-0,002*	0,001
<i>Zones agro-écologiques</i>		
Zone saharienne	-0,459***	0,080
Zone soudanienne	0,383***	0,100

Notes : Erreurs standard robustes avec un cluster au niveau de la commune. \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

Les résultats du Tableau 4.5 montre que les ménages relevant du deuxième quartile tendent à adopter plus de stratégies d'adaptation pour faire face aux chocs. En ce qui concerne les caractéristiques socio-économiques, les ménages dirigés par des hommes ont une propension plus

importante de recourir à plus de stratégies comparativement à ceux dirigés par des femmes. En revanche, l'âge du chef de ménage est associé à un coefficient négatif et significatif. Les ménages dirigés par des jeunes adoptent davantage de stratégies d'adaptation, cela peut refléter la prise de conscience des jeunes par rapport aux impacts néfastes des différents chocs particulièrement des chocs climatiques. La taille du ménage est positive et significative, ce qui indique que plus il y a d'individus dans un ménage, plus les stratégies d'adaptation face aux chocs sont adoptées. La proportion d'adultes éduqués dans le ménage présente un coefficient positif et significatif sur la propension d'adopter plusieurs stratégies. Les ménages ayant un niveau d'éducation plus élevé sont donc plus susceptibles d'adopter un plus grand nombre de stratégies. De même, les ménages pastoraux proches des principales villes ont une probabilité plus importante d'adopter plusieurs stratégies d'adaptation. En ce qui concerne les zones agro-écologiques, les ménages localisés en zone soudanienne tendent à adopter plus de stratégies comparativement aux ménages en zone sahélienne. Cela peut s'expliquer par le fait que la zone soudanienne est assez propice aux chocs sécuritaires avec les conflits et les vols de bétail de même que des chocs sanitaires.

## 4.6 Conclusion

Les ménages des pays en développement sont fortement exposés à divers chocs. Dans un contexte marqué par les limites des marchés du crédit et d'assurance sociale dans ces pays, les chocs peuvent avoir de graves conséquences sur le bien-être des ménages en affectant leurs revenus et/ou leurs actifs. Ce contexte de chocs est davantage prégnant en milieu pastoral au Sahel caractérisé par une diversité de chocs pouvant affecter considérablement les actifs des éleveurs à travers leur bétail. Par conséquent, il est intéressant d'examiner les questions suivantes : (i) quelle est l'occurrence et l'amplitude des chocs auxquels les ménages pastoraux sont exposés ?, et (ii) quels sont les facteurs qui influencent le choix des stratégies d'adaptation des ménages aux chocs et existe-t-il des différences suivant les catégories d'éleveurs. Nous cherchons à répondre à ces questions en nous appuyant sur une étude de cas réalisée dans les zones pastorales au Tchad. L'analyse est basée sur des données collectées auprès de 813 ménages pastoraux et agropastoraux représentatifs des systèmes d'élevage et des zones agro-écologiques au Tchad pour la campagne agropastorale 2017/2018.

Nos résultats montrent l'importance des chocs affectant les ménages pastoraux au Tchad avec une proportion de 88% des ménages déclarant avoir subi au moins un choc au cours de l'année précédente et 33% reportant avoir subi environ 3 chocs. Une analyse des indices de concentration des chocs montre des différences suivant les catégories d'éleveurs avec de petits éleveurs davantage affectés par des chocs de marché et des chocs climatiques comparativement aux gros éleveurs confrontés surtout à des maladies animales. Face à divers chocs, les ménages pastoraux s'appuient sur des stratégies dont la principale constitue le recours à la mobilité en augmentant la distance et la fréquence des déplacements. Par la suite, d'autres stratégies émergent comme

les ventes animales, la diversification des sources de revenus et la réduction de la consommation alimentaire. En analysant les stratégies d'adaptation suivant les chocs, il ressort de l'étude que le recours à la mobilité à travers l'augmentation des distances et la fréquence est adopté lors de la survenue de chocs climatiques ou de santé animale. Dans le contexte du Tchad, l'adoption d'espèces animales plus résilientes (caprins et camélins) ressort comme une stratégie émergente pour la plupart des chocs exceptés ceux sécuritaires. Les ventes animales dans une grande proportion constituent une stratégie répondant notamment aux chocs climatiques, économiques et sécuritaires. La diversification des sources de revenus apparaît comme une réponse aux chocs économiques et tend à être adoptée par des éleveurs moins dotés en bétail. Les chocs sécuritaires constituent ceux qui génèrent le moins de réponses de la part des ménages pastoraux. Des différences apparaissent suivant les catégories d'éleveurs avec les ménages pastoraux recourant davantage aux stratégies de mobilité et d'adoption d'espèces animales résilientes comparativement aux ménages agro-pastoraux s'appuyant beaucoup plus sur la diversification des sources de revenus. Outre les chocs, certaines caractéristiques des ménages et de la localisation ont également des effets significatifs sur les stratégies d'adaptation face aux chocs. Les ménages éloignés de la ville sont plus susceptibles de recourir à la mobilité sur de longues distances. La stratégie d'adopter des espèces animales résilientes est davantage le fait de chefs de ménages jeunes. Les ménages ayant une taille plus importante, une proportion d'adultes éduqués plus élevés et proches de la ville tendent à diversifier leurs sources de revenus.

L'analyse présentée dans ce chapitre s'appuie sur des données transversales, qui restent vulnérables à l'hétérogénéité non observée, car il peut y avoir des traits spécifiques au ménage non observés qui influencent à la fois les chocs et les stratégies d'adaptation. Même si nous contrôlons un large éventail de caractéristiques observées et que nous examinons la sensibilité des estimations de différentes manières, la nature transversale de l'analyse reste une limite.

Malgré ces limites, nos résultats montrent la nécessité de renforcer le soutien et les interventions pour aider les ménages pastoraux à faire face à divers chocs particulièrement celui climatique. L'activité pastorale étant fortement dépendante des conditions climatiques, des initiatives doivent être prises pour renforcer l'accès aux aliments de bétail durant la période de soudure et promouvoir les cultures fourragères. Il convient de consolider l'accès aux services vétérinaires pour réduire et prévenir les maladies animales, et améliorer la production animale. Les résultats montrent également que tous les groupes d'éleveurs ne subissent pas les chocs de la même manière, et cela doit être pris en compte dans les politiques et les programmes des zones pastorales. En ce sens, des initiatives doivent promouvoir des opportunités hors de travail non agropastoral (commerce, artisanat, emploi salarié, . . .) particulièrement à l'endroit des ménages moins dotés en bétail.

En termes de recherches futures, il est intéressant d'analyser de manière plus approfondie la résilience des ménages pastoraux et agropastoraux par la définition d'un indicateur en considérant divers groupes d'éleveurs et une série de facteurs y contribuant.



## Références

- ARAÚJO-BONJEAN, C., NDIAYE, A. et SANTONI, O. (2019). A qui profite le retour des pluies ? le cas des éleveurs du ferlo. Etudes et documents n° 24,, CERDI.
- BELDERBOS, R., CARREE, M., DIEDEREN, B., LOKSHIN, B. et VEUGELERS, R. (2004). Heterogeneity in r&d cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization*, 22(8-9):1237–1263.
- BERHANU, W. et BEYENE, F. (2015). Climate variability and household adaptation strategies in southern ethiopia. *Sustainability*, 7(6):6353–6375.
- BERHANU, W., COLMAN, D. et FAYISSA, B. (2007). Diversification and livelihood sustainability in a semi-arid environment : A case study from southern ethiopia. *The Journal of Development Studies*, 43(5):871–889.
- BONFRER, I. et GUSTAFSSON-WRIGHT, E. (2016). Health shocks, coping strategies and foregone healthcare among agricultural households in kenya. *Global Public Health*, 12(11):1369–1390.
- CAPPELLARI, L. et JENKINS, S. P. (2003). Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 3(3):278–294.
- CAPPELLARI, L. et JENKINS, S. P. (2006). Calculation of multivariate normal probabilities by simulation, with applications to maximum simulated likelihood estimation. *The Stata Journal*, 6(2):156–189.
- de HAAN, C., éditeur (2016). *Prospects for Livestock-Based Livelihoods in Africa's Drylands*. The World Bank.
- DEDEHOUANOU, S. F. A., ARAAR, A., OUSSEINI, A., HAROUNA, A. L. et JABIR, M. (2018). Spillovers from off-farm self-employment opportunities in rural niger. *World Development*, 105:428–442.
- DERCON, S., HODDINOTT, J. et WOLDEHANNA, T. (2005). Shocks and consumption in 15 ethiopian villages, 1999–2004. *Journal of African Economies*, 14(4):559–585.
- DORFMAN, J. H. (1996). Modeling multiple adoption decisions in a joint framework. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(3):547–557.
- ERREYGERS, G. (2009). Correcting the concentration index. *Journal of Health Economics*, 28(2):504–515.
- FACHAMPS, M., UDRY, C. et CZUKAS, K. (1998). Drought and saving in west africa : are livestock a buffer stock ? *Journal of Development Economics*, 55(2):273–305.

- GEBREMARIAM, G. et TESFAYE, W. (2018). The heterogeneous effect of shocks on agricultural innovations adoption : Microeconometric evidence from rural ethiopia. *Food Policy*, 74:154–161.
- GREENE, W. (2018). *Econometric analysis*. Pearson, New York, NY.
- HELTBERG, R. et LUND, N. (2009). Shocks, coping, and outcomes for pakistan's poor : Health risks predominate. *The Journal of Development Studies*, 45(6):889–910.
- KINYUA, K. G., YAKUB, G. A., KAMAU, N. B. et BETT, H. K. (2011). Livestock marketing decisions among pastoral communities : The influence of cattle rustling in baringo district, kenya. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 1(1047-2016-85406):123–137.
- KNIGHT, L., ROBERTS, B. J., ABER, J. L. et AND, L. R. (2015). Household shocks and coping strategies in rural and peri-urban south africa : Baseline data from the size study in kwazulu-natal, south africa. *Journal of International Development*, 27(2):213–233.
- MBURU, S., OTTERBACH, S., SOUSA-POZA, A. et MUDE, A. (2017). Income and asset poverty among pastoralists in northern kenya. *The Journal of Development Studies*, pages 1–16.
- MCPEAK, J. (2004). Contrasting income shocks with asset shocks : livestock sales in northern kenya. *Oxford Economic Papers*, 56(2):263–284.
- MEHAR, M., MITTAL, S. et PRASAD, N. (2016). Farmers coping strategies for climate shock : Is it differentiated by gender? *Journal of Rural Studies*, 44:123–131.
- NGIGI, M. W., MUELLER, U. et BIRNER, R. (2020). Livestock diversification for improved resilience and welfare outcomes under climate risks in kenya. *The European Journal of Development Research*.
- NGUYEN, T.-T., NGUYEN, T. T. et GROTE, U. (2020). Multiple shocks and households' choice of coping strategies in rural cambodia. *Ecological Economics*, 167:106442.
- PORTER, C. (2012). Shocks, consumption and income diversification in rural ethiopia. *Journal of Development Studies*, 48(9):1209–1222.
- ROJAS-DOWNING, M. M., NEJADHASHEMI, A. P., HARRIGAN, T. et WOZNICKI, S. A. (2017). Climate change and livestock : Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16:145–163.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2008). Animal husbandry in africa : climate change impacts and adaptations. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(311-2016-5520):65–82.

- WAGSTAFF, A. et LINDELOW, M. (2013). ARE HEALTH SHOCKS DIFFERENT ? EVIDENCE FROM a MULTISHOCK SURVEY IN LAOS. *Health Economics*, 23(6):706–718.
- WANE, A., ANCEY, V. et TOURÉ, I. (2010). Pastoralisme et recours aux marchés : Cas du sahel sénégalais (ferlo). *Agriculture*, 19(1):14–20.
- WANE, A., CESARO, J. D., DUTEURTRE, G., TOURÉ, I., NDIAYE, A., ALARY, V., JUANÈS, X., ICKOWICZ, A., FERRARI, S. et VELASCO, G. (2020). The economics of pastoralism in argentina, chad and mongolia. Rapport technique, Rome.
- WORLD BANK (2019). Chad growth and diversification leveraging export diversification to foster growth : Leveraging export diversification to foster growth. Rapport technique.
- WORLD FOOD PROGRAMME (2019). Chad annual country report 2019. Rapport technique.
- YILMA, Z., MEBRATIE, A., SPARROW, R., ABEBAW, D., DEKKER, M., ALEMU, G. et BEDI, A. S. (2014). Coping with shocks in rural ethiopia. *The Journal of Development Studies*, 50(7): 1009–1024.

## Annexes du Chapitre 4

### A.4.1 – Définition des variables et statistiques descriptives

Variable	Description	Moyenne	Ecart-type
<i>Chocs</i>			
Choc économique	=1 si le choc s'est produit	0,46	0,50
Choc naturel ou climatique	=1 si le choc s'est produit	0,68	0,47
Choc de santé animale	=1 si le choc s'est produit	0,41	0,49
Choc de santé humaine	=1 si le choc s'est produit	0,23	0,42
Choc sécuritaire	=1 si le choc s'est produit	0,46	0,50
<i>Stratégies d'adaptation</i>			
Augmentation de la mobilité	=1 si pratique ; 0 sinon	0,71	0,45
Adoption d'espèces animales résilientes	=1 si pratique ; 0 sinon	0,08	0,27
Réduction de la consommation	=1 si pratique ; 0 sinon	0,14	0,34
Ventes de bétail	=1 si pratique ; 0 sinon	0,29	0,45
Diversification des sources de revenus	=1 si pratique ; 0 sinon	0,15	0,36
<i>Statut économique</i>			
Quartile 1	Quartile le plus pauvre	0,25	0,43
Quartile 2	Deuxième quartile	0,25	0,43
Quartile 3	Troisième quartile	0,25	0,43
Quartile 4	Quartile le plus riche	0,25	0,43
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>			
Age	Age du chef de ménage	41,96	14,20
Taille du ménage	Nombre d'individus dans le ménage	5,64	3,40
Proportion d'hommes adultes	Part des personnes âgées entre 15 et 65 ans	0,44	0,27
Proportion de personnes âgées	Part des personnes âgées de plus de 65 ans	0,03	0,08
Proportion d'enfants	Part des personnes âgées de moins de 15 ans	0,39	0,25
Proportion d'adultes éduqués	Part des personnes âgées entre 15 et 65 ans ayant une éducation formelle (minimum primaire)	0,13	0,28
Distance à la ville	Distance au chef-lieu de la région (km)	32,87	35,82
<i>Zones agro-écologiques</i>			
Zone saharienne	= 1 si le ménage y réside	0,12	0,32
Zone sahélienne	= 1 si le ménage y réside	0,58	0,49
Zone soudanienne	= 1 si le ménage y réside	0,30	0,46

## A.4.2 – Déterminants des stratégies d'adaptation

	Probabilité ( <i>Strategie</i> <sup>n</sup> = 1)				
	(1)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Augmentation de la mobilité	Adoption d'espèces animales résilientes	Réduction de la consommation	Ventes de bétail	Diversification des sources de revenus
Chocs climatiques (#)	0,251*** (0,043)	0,045** (0,013)	0,006 (0,018)	0,103*** (0,021)	0,039 (0,029)
Chocs économiques (#)	0,021 (0,019)	0,045*** (0,011)	0,064* (0,035)	0,047*** (0,017)	0,048** (0,021)
Chocs de santé animale (#)	0,224*** (0,049)	0,113*** (0,037)	0,062 (0,036)	0,149*** (0,046)	0,181*** (0,041)
Chocs de santé humaine (#)	0,058 (0,037)	0,021 (0,016)	0,052** (0,024)	0,011 (0,026)	-0,002 (0,019)
Chocs sécuritaires (#)	-0,007 (0,032)	-0,035 (0,012)	-0,089 (0,024)	0,0430 (0,023)	-0,027 (0,021)
Nombre d'observations			717		

*Notes* : Les variables de choc sont le nombre (#) de chocs subis par un ménage plutôt que l'incidence d'un choc. La catégorie de référence pour les quartiles d'actifs est le quartile le plus pauvre et la catégorie de référence pour les zones agro-écologiques constitue la zone sahélienne.

Erreurs standard robustes avec un cluster au niveau de la commune. \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$



Autres préciser)	(à	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	emprunts	<b>Aides officielles</b>		
								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		21. Pas de stratégies			

# Conclusion générale

## Principaux résultats

L'élevage pastoral, constituant la principale activité de valorisation des zones arides et semi-arides, se déroule dans un contexte sahélien caractérisé par l'exposition à de multiples chocs particulièrement des chocs climatiques. Ces derniers pèsent fortement sur l'activité pastorale compte tenu de la dépendance de l'élevage sahélien aux pâturages naturels. Parallèlement, les zones pastorales et agro-pastorales sahéliennes se caractérisent par une pauvreté persistante et des inégalités croissantes entre ménages tant du point de vue des revenus que de la dotation de bétail. Cette situation tend à accroître la vulnérabilité des ménages pastoraux et pose la problématique de leur résilience. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette thèse qui porte sur l'analyse des dynamiques des systèmes pastoraux sahéliens dans un contexte d'inégalités croissantes, de variabilité climatique et d'exposition à divers chocs. Plus précisément, dans cette thèse, nous abordons quatre objectifs de recherche. Premièrement, nous évaluons l'amplitude des inégalités de revenus dans les systèmes pastoraux au Sénégal. En relation avec ce premier objectif, nous analysons le rôle spécifique de la diversification des sources de revenus dans le bien-être des ménages pastoraux et la génération des inégalités. Ensuite, nous analysons les impacts économiques du changement climatique sur les systèmes pastoraux au Sénégal. Enfin, nous étudions les stratégies d'adaptation des ménages pastoraux et agro-pastoraux au Tchad confrontés à une variété de chocs.

La première partie est axée sur l'analyse des inégalités en milieu pastoral au Sénégal en s'appuyant sur des données issues des enquêtes de référence du Programme Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS). Elle répond à un double objectif : évaluer l'amplitude des inégalités au sein des ménages pastoraux et analyser le rôle de la diversification des sources de revenus dans la génération des inégalités.

Le Chapitre 1 présente les différentes dimensions des inégalités de revenus en milieu pastoral au Sénégal. Avec un indice de Gini de l'ordre de 0,509, les résultats montrent que les inégalités de revenus en milieu pastoral sont plus importantes que celles évaluées au niveau national ou plus spécifiquement en milieu rural. Cet indice de Gini tend à augmenter si l'on considère les revenus monétaires et la dotation de bétail. Cela traduit d'une part, l'importance de l'autoconsommation dans la réduction des inégalités, et d'autre part, les fortes disparités dans la dotation de bétail. Par la suite, nous procédons à une décomposition des inégalités en sous-groupes et par sources de revenus d'élevage. L'analyse des inégalités en sous groupes traduit des différences entre les sites de l'ordre de 34,3%. La décomposition par sources de revenus pastoraux de l'indice de Gini montre la prépondérance des revenus issus des ventes de bovins dans la génération des



inégalités. Quant aux ventes de petits ruminants, elles participent à la sécurisation des conditions de vie pour les ménages pastoraux les plus vulnérables.

Le Chapitre 2 s'inscrit dans la lignée du premier en élargissant l'analyse des inégalités avec une base de données de l'enquête de référence du PRAPS au Sénégal pour la campagne agropastorale 2015/2016. Ce chapitre fournit une analyse du rôle de la diversification des sources de revenus (commerce, artisanat,...) sur les inégalités et le bien-être des ménages représenté par des indicateurs de revenus et de dépenses. Les résultats montrent une participation aux activités de diversification croissante en milieu pastoral. Cette diversification des sources des revenus tend à réduire les inégalités et à améliorer le niveau de revenus des ménages pastoraux particulièrement les petits éleveurs moins dotés en bétail. L'analyse des déterminants de la diversification des sources de revenus met en évidence le rôle de la main d'œuvre familiale, la proximité aux centres urbains, la survenue antérieure d'un choc et les effets de mimétisme avec le voisinage.

La seconde partie de la thèse a pour but d'analyser les stratégies d'adaptation des ménages pastoraux à divers chocs particulièrement les chocs climatiques. Portant respectivement sur le Sénégal et le Tchad, les chapitres 3 et 4 fournissent des résultats complémentaires, d'une part, en analysant les impacts économiques du changement climatique suivant l'approche ricardienne, et d'autre part, en analysant les stratégies d'adaptation face à une multitude de chocs au-delà des chocs climatiques.

Le Chapitre 3 est consacré à l'analyse des impacts du changement climatique sur l'activité pastorale au Sénégal. La démarche méthodologique s'appuie sur l'approche ricardienne consistant en une régression des revenus pastoraux sur les variables climatiques notamment de précipitations et de températures, ainsi que des caractéristiques des ménages. Les résultats montrent une activité pastorale sensible aux conditions climatiques avec une relation non linéaire entre les revenus pastoraux et les variables climatiques. Ainsi, une hausse des précipitations tend à augmenter les revenus alors que la hausse des températures présente un effet néfaste sur l'activité pastorale. Ces tendances se confirment avec des simulations en s'appuyant sur deux scénarios climatiques d'émissions moyennes et pessimistes aboutissant à une baisse respective des revenus de 33 et 48 %. En termes de stratégies, les éleveurs tendent à ajuster la sélection des espèces animales en privilégiant certaines plus résilientes aux conditions climatiques comme les petits ruminants (ovins et les caprins).

Finalement, le Chapitre 4 analyse les stratégies d'adaptation des ménages pastoraux au Tchad soumis à une diversité de chocs au delà des chocs climatiques. Les résultats montrent l'importance de l'occurrence des chocs avec plus de 33% des ménages reportant avoir subi environ 3 chocs au cours de l'année précédente. Une analyse des indices de concentration des chocs montre des différences suivant les catégories d'éleveurs avec de petits éleveurs davantage affectés par des chocs économiques et des chocs climatiques comparativement aux gros éleveurs confrontés surtout à des maladies animales. Au niveau des stratégies d'adaptation mises en œuvre, la mobilité constitue celle dominante, et dans un second temps, des stratégies liées aux

---

ventes inhabituelles de bétail, à la diversification des sources de revenus, et la réduction de la consommation alimentaire tendent à émerger. Des stratégies différenciées apparaissent aussi suivant les catégories d'éleveurs (pasteurs et agropasteurs).

## Recommandations politiques

Les résultats des chapitres permettent de formuler différentes recommandations politiques avec pour objectif de réduire la vulnérabilité des éleveurs et de renforcer leur résilience.

Les résultats de la première partie mettent en évidence les inégalités en milieu pastoral avec un indice de Gini supérieur aux évaluations conduites à l'échelle nationale ou rurale. Ces résultats montrent également l'hétérogénéité au sein des ménages pastoraux, contrairement à des études antérieures tendant à les uniformiser. Les implications politiques de tels résultats résident dans la nécessité de prendre des mesures pour réduire les inégalités dont la persistance peut renforcer la vulnérabilité des éleveurs et générer de potentielles tensions dans l'accès aux ressources pastorales. En ce sens, le Chapitre 2 montre le rôle de la diversification des sources de revenus dans la réduction des inégalités et l'amélioration des conditions de vie des ménages pastoraux. En termes de politiques, les autorités doivent promouvoir la diversification des activités dans le contexte pastoral particulièrement pour les ménages peu dotés en bétail. Dans un contexte rural caractérisé par l'accès limité au marché du crédit, des initiatives doivent être mises en place pour favoriser le développement de petites activités commerciales connexes à l'élevage pour permettre la génération de revenus additionnels. De plus, l'accent doit être mis sur des initiatives portées par les femmes qui sont davantage impliquées dans des activités commerciales.

Les résultats du chapitre 2 montrent que les motivations des ménages pour la diversification ainsi que les opportunités offertes diffèrent suivant les zones géographiques et certaines caractéristiques des ménages. Par conséquent, il est important pour les décideurs politiques de comprendre les principaux déterminants afin de distinguer des raisons de survie/détresse ou d'opportunité/accumulation. Cela permettrait d'éclairer les programmes et les politiques en milieu rural et serait utile pour cibler les ménages vulnérables.

La seconde partie de la thèse a permis de voir que l'élevage pastoral au Sahel s'inscrit dans un contexte de chocs multiformes dont les plus prégnants sont les chocs climatiques. Le Chapitre 3 présente notamment des résultats montrant la sensibilité de l'activité pastorale au changement climatique avec une baisse des revenus pastoraux suivant différents scénarios. Les conclusions de ce chapitre doivent mener les autorités à prendre des mesures pour réduire la vulnérabilité des ménages pastoraux face aux impacts du changement climatique. D'abord, les autorités de même que les associations d'éleveurs doivent sensibiliser les ménages sur l'importance et la nécessité des mesures d'adaptation au changement climatique. Cette sensibilisation peut notamment passer par une incitation à l'adoption d'espèces animales plus résilientes aux conditions climatiques

(petits ruminants). Par ailleurs, des mesures pourraient être prises pour consolider les systèmes d'alerte précoce par une meilleure implication des éleveurs dans la mise en œuvre et une amélioration de la rapidité et de la qualité de la réponse face à une crise climatique.

Les résultats du Chapitre 4 permettent de considérer une diversité de chocs dans le contexte pastoral du Tchad. Ces résultats impliquent des mesures politiques visant à soutenir les ménages pastoraux particulièrement durant la période de soudure. Cela peut passer par la promotion des cultures fourragères et un accès facilité aux aliments de bétail à travers des subventions. Les résultats montrent également que la transhumance demeure la stratégie dominante d'où l'importance de la consolider à travers le développement d'infrastructures pour l'accès à l'eau comme les forages. De même, il convient d'améliorer l'aménagement du territoire en facilitant le déplacement des pasteurs en période de soudure. Par ailleurs, l'importance des chocs sanitaires montre la nécessité de renforcer les structures vétérinaires pour réduire et prévenir les maladies animales. Les résultats traduisent également des impacts différenciés suivant les catégories d'éleveurs en se basant sur la dotation de bétail ou l'intégration de l'agriculture. Cette hétérogénéité doit être prise en compte dans la conception de politiques et programmes en zones pastorales. En ce sens, des initiatives doivent promouvoir des opportunités de travail hors pastoralisme (commerce, artisanat, emploi salarié, . . .) particulièrement à l'endroit des ménages moins dotés en bétail.

## Limites et perspectives de recherche

Cette thèse présente certaines limites dans sa tentative de comprendre empiriquement les dynamiques dans les systèmes pastoraux confronté à des inégalités croissantes et à la vulnérabilité des ménages face à divers chocs. L'une des principales limites commune aux différents chapitres de la thèse est liée à la nature transversale des données. Le secteur de l'élevage au Sahel a longtemps été caractérisé par des limites en termes de disponibilité et de fiabilité des données particulièrement celles économiques. En outre, des limites peuvent résider dans les difficultés d'estimation du cheptel des pasteurs, le bétail constituant le principal élément du patrimoine des éleveurs. Par ailleurs, dans une enquête s'appuyant sur les déclarations des éleveurs, des oublis ou des omissions peuvent se produire sur des opérations de ventes ou d'estimations des charges. Toutefois, des progrès ont été réalisés à travers des structures comme le PPZS ou de projets comme le PRAPS. En perspectives, il est important de mener davantage de recherches en disposant de données de panel pour mieux analyser les dynamiques des systèmes pastoraux et agro-pastoraux sahéliens.

Dans les chapitres 1 et 2, l'analyse des inégalités a été effectuée en s'appuyant globalement sur deux techniques de décomposition : par sources de revenus (Shorrocks, 1982) et par sous-groupes (Shorrocks, 1984). Ces techniques de décomposition ont une portée descriptive et ne permettent pas d'identifier les déterminants des inégalités parmi des facteurs tels que la composition du ménage, le capital humain ou la localisation. Pour aller au-delà de ces analyses descriptives,

Fields (2003) introduit une régression dans la décomposition des inégalités pour étudier les facteurs explicatifs de la génération des inégalités au cours du temps. Des insuffisances dans les bases de données particulièrement celle relative au Chapitre 1 n'ont pas permis de mener ce type d'analyse. Il serait intéressant de disposer de données sur plusieurs périodes pour suivre l'évolution des inégalités ainsi que les principaux facteurs explicatifs.

Le Chapitre 3 s'est appuyée sur l'approche ricardienne pour étudier les impacts économiques du changement climatique sur l'activité pastorale. Même si cette approche est largement utilisée dans la littérature, elle présente des limites relatives aux hypothèses formulées pour la conduite des simulations d'impacts du changement climatique en considérant que seules les variables climatiques sont susceptibles de changer. Dans la réalité, différentes caractéristiques peuvent évoluer comme la population, les prix, la technologie ou encore les dispositifs institutionnels. Dans l'avenir, des éleveurs en zone sahéenne pourraient avoir accès à de nouvelles technologies qui ne sont pas largement utilisées dans la majorité des pays africains. Les progrès réalisés avec la génétique et la sélection des espèces animales pourraient offrir de nouveaux choix aux éleveurs. D'autres facteurs explicatifs liés aux caractéristiques des sols, à la végétation ou à la topographie n'ont pas pu être considérés dans l'étude et pourraient permettre d'isoler l'impact du changement climatique. L'élevage pastoral se caractérisant par la transhumance, des effets différenciés du changement climatique peuvent être observés suivant le profil des éleveurs. Des recherches futures pourraient prendre en compte la mobilité en recourant à des outils relevant de l'économétrie spatiale et examiner les potentielles différences entre éleveurs transhumants ou non.

L'analyse menée dans le Chapitre 4 s'appuie sur des données transversales qui restent vulnérables à l'hétérogénéité non observée. Il peut y avoir des caractéristiques spécifiques au ménage non observés qui influencent à la fois les chocs et les stratégies d'adaptation. Même si nous contrôlons plusieurs caractéristiques observées et que nous examinons la sensibilité des estimations avec certaines alternatives, la nature des données de l'analyse reste une limite. De plus, les données sont également limitées aux stratégies d'adaptation ex-post et ne prennent pas en compte les mesures adoptées pour atténuer les impacts en prévision des chocs. En termes de recherches futures, il conviendrait d'analyser les stratégies en opérant une distinction entre le court et long terme. La définition d'un indice de résilience prenant en compte différents facteurs spécifiques au pastoralisme pourrait permettre de disposer d'un critère d'évaluation et de ciblage pour les décideurs.

D'un point de vue plus général, même si le Sénégal et le Tchad constituent deux pays représentatifs de l'élevage pastoral au Sahel, des évaluations comparatives prenant en compte d'autres pays sahéens pourraient permettre de disposer d'un tableau plus large sur les tendances des inégalités et la résilience des ménages aux chocs. En outre, cette thèse ne fournit que des preuves empiriques au niveau micro en prenant les ménages comme unité d'analyse. Cependant, il est tout aussi important de mener des analyses aux niveaux méso et macro afin d'examiner la capa-

citée des communautés et des nations à minimiser leur vulnérabilité face aux impacts des chocs et aux inégalités croissantes. Des études futures à une échelle plus large pourraient bénéficier d'études au niveau micro, comme les travaux de cette thèse, pour la construction d'indicateurs relatifs à la résilience des systèmes pastoraux.

# Références

- ABDULAI, A. et CROLE REES, A. (2001). Determinants of income diversification amongst rural households in southern mali. *Food Policy*, 26(4):437–452.
- ACKAH, C. (2013). Nonfarm employment and incomes in rural ghana. *Journal of International Development*, 25(3):325–339.
- ADAMS, R. H. (1996). Livestock income, male/female animals, and inequality in rural pakistan. Rapport technique, IFPRI.
- ADAMS, R. H. J. (1989). Worker remittances and inequality in rural egypt. *Economic Development and Cultural Change*, 38(1):45–71.
- ADAMS, R. H. J. (2002). Nonfarm income, inequality, and land in rural egypt. *Economic Development and Cultural Change*, 50(2):339–363.
- ADJOGNON, G. S., LIVERPOOL-TASIE, S. L., DE LA FUENTE, A. et BENFICA, R. (2017). Rural non-farm employment and household welfare : evidence from malawi. Rapport technique.
- ADRIANSEN, H. K. (2006). Continuity and change in pastoral livelihoods of senegalese fulani. *Agriculture and Human Values*, 23(2):215–229.
- ALARY, V., ABOUL-NAGA, A., EL SHAFIE, M., ABDELKRIM, N., HAMDON, H. et METAWI, H. A. (2015). Roles of small ruminants in rural livelihood improvement—comparative analysis in egypt.
- ALARY, V., CORNIAUX, C. et GAUTIER, D. (2011). Livestock’s contribution to poverty alleviation : How to measure it ? *World Development*, 39(9):1638–1648.
- ANSD (2016). Situation économique et sociale de la région de louga 2015. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2018). Situation économique et sociale de la région de tambacounda 2015. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2019a). Rapport de l’enquête sur l’emploi, la rémunération et les heures de travail au sé-négal (eerh 2018). Rapport technique, Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD).
- ANSD (2019b). Situation économique et sociale de la région de kaffrine 2016. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.

- ANSD (2019c). Situation économique et sociale de la région de matam 2016. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2019d). Situation économique et sociale de la région de saint-louis 2016. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.
- ANSD (2019e). Situation économique et sociale du sénégal en 2016. Rapport technique, Agence Nationale de la Statistiques et de la démographie.
- ARAUJO-BONJEAN, C., NDIAYE, A. et SANTONI, O. (2019). A qui profite le retour des pluies ? le cas des éleveurs du ferlo. Etudes et documents n° 24,, CERDI.
- ATKINSON, A. B. (1970). On the measurement of inequality. *Journal of Economic Theory*, 2(3):244–263.
- BABATUNDE, R. O. et QAIM, M. (2009). Poverty and income inequality in rural nigeria : The role of off-farm income diversification. *In PEGNet Conference*.
- BARHAM, B. et BOUCHER, S. (1998). Migration, remittances, and inequality : estimating the net effects of migration on income distribution. *Journal of Development Economics*, 55(2):307–331.
- BARRETT, C., REARDON, T. et WEBB, P. (2001). Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural africa : concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy*, 26(4):315–331.
- BATSUURI, T. et WANG, J. (2017). The impacts of climate change on nomadic livestock husbandry in mongolia. *Climate Change Economics*, 08(03).
- BEHNKE, R. (2010). The contribution of livestock to the economies of igad member states : study findings, application of the methodology in ethiopia and recommendations for further work. *IGAD LPI Working Paper 02–10*.
- BEHNKE, R. (2012). The economics of pastoral livestock production in sudan. *Medford, MA, USA : Feinstein International Center, Tufts University and United Nations Environment Programme*.
- BEHNKE, R. et OSMAN, H. M. (2013). The contribution of livestock to the economies of kenya, ethiopia, uganda and sudan. Rapport technique.
- BELDERBOS, R., CARREE, M., DIEDEREN, B., LOKSHIN, B. et VEUGELERS, R. (2004). Heterogeneity in r&d cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization*, 22(8-9):1237–1263.

- BERG, M. V. D. et KUMBI, G. E. (2006). Poverty and the rural nonfarm economy in oromia, ethiopia. *Agricultural Economics*, 35(s3):469–475.
- BERHANU, W. et BEYENE, F. (2015). Climate variability and household adaptation strategies in southern ethiopia. *Sustainability*, 7(6):6353–6375.
- BERHANU, W., COLMAN, D. et FAYISSA, B. (2007). Diversification and livelihood sustainability in a semi-arid environment : A case study from southern ethiopia. *The Journal of Development Studies*, 43(5):871–889.
- BIGNEBAT, C. et SAKHO-JIMBIRA, M. S. (2013). Migrations et diversification des activités économiques locales : étude du bassin arachidier du sénégal. *Mondes en développement*, n° 164(4):93.
- BLOCK, S. et WEBB, P. (2001). The dynamics of livelihood diversification in post-famine ethiopia. *Food Policy*, 26(4):333–350.
- BONFRER, I. et GUSTAFSSON-WRIGHT, E. (2016). Health shocks, coping strategies and foregone healthcare among agricultural households in kenya. *Global Public Health*, 12(11):1369–1390.
- BOURGUIGNON, F. (1979). Decomposable income inequality measures. *Econometrica*, 47(4):901.
- BOZZOLA, M., MASSETTI, E., MENDELSON, R. et CAPITANIO, F. (2017). A ricardian analysis of the impact of climate change on italian agriculture. *European Review of Agricultural Economics*, 45(1):57–79.
- CANAGARAJAH, S., NEWMAN, C. et BHATTAMISHRA, R. (2001). Non-farm income, gender, and inequality : evidence from rural ghana and uganda. *Food Policy*, 26(4):405–420.
- CAPPELLARI, L. et JENKINS, S. P. (2003). Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 3(3):278–294.
- CAPPELLARI, L. et JENKINS, S. P. (2006). Calculation of multivariate normal probabilities by simulation, with applications to maximum simulated likelihood estimation. *The Stata Journal*, 6(2):156–189.
- CLINE, W. R. (1996). The impact of global warming of agriculture : comment. *The American Economic Review*, 86(5):1309–1311.
- COWELL, F. A. (1980). Generalized entropy and the measurement of distributional change. *European Economic Review*, 13(1):147–159.
- CROLA, J.-D. (2019). Sahel : lutter contre les inégalités pour répondre aux défis du développement et de la sécurité. Rapport technique.



- CSE (2010). Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Rapport technique, Ministère de l'Environnement - Centre de Suivi Ecologique.
- DAGUM, C. (1997). A new approach to the decomposition of the gini income inequality ratio. *Empirical Economics*, 22(4):515–531.
- de HAAN, C., éditeur (2016). *Prospects for Livestock-Based Livelihoods in Africa's Drylands*. The World Bank.
- de JANVRY, A., SADOULET, E. et ZHU, N. (2005). The role of non-farm incomes in reducing rural poverty and inequality in china. Rapport technique, University of California at Berkeley.
- DEDEHOUANOU, S. F. A., ARAAR, A., OUSSEINI, A., HAROUNA, A. L. et JABIR, M. (2018). Spillovers from off-farm self-employment opportunities in rural niger. *World Development*, 105:428–442.
- DEDEHOUANOU, S. F. A. et McPEAK, J. (2019). Diversify more or less? household income generation strategies and food security in rural nigeria. *The Journal of Development Studies*, 56(3):560–577.
- DERCON, S., HODDINOTT, J. et WOLDEHANNA, T. (2005). Shocks and consumption in 15 ethiopian villages, 1999–2004. *Journal of African Economies*, 14(4):559–585.
- DESCHÊNES, O. et GREENSTONE, M. (2007). The economic impacts of climate change : Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review*, 97(1):354–385.
- DI FALCO, S., VERONESI, M. et YESUF, M. (2011). Does adaptation to climate change provide food security ? a micro-perspective from ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3):829–846.
- DIOP, A. T., MBENGUE, A., NDIAYE, A., DIAGNE, K. et DIOUF, G. (2014). Rapport d'évaluation du projet régional d'appui au pastoralisme au sahel (praps) - volet sénégal. Rapport technique, MEPA.
- DORFMAN, J. H. (1996). Modeling multiple adoption decisions in a joint framework. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(3):547–557.
- DUTEURTRE, G. et CORNIAUX, C. (2019). Les filières de commercialisation des produits issus de l'élevage des ruminants en afrique.
- DUTEURTRE, G., CORNIAUX, C. et DE PALMAS, A. (2020). Lait, commerce et développement au sahel : impacts socioéconomiques et environnementaux de l'importation des mélanges mgv européens en afrique de l'ouest. Rapport technique.

- ELLIS, F. (2000). *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*. Oxford University Press.
- ERREYGERS, G. (2009). Correcting the concentration index. *Journal of Health Economics*, 28(2):504–515.
- FAFCHAMPS, M., UDRY, C. et CZUKAS, K. (1998). Drought and saving in west africa : are livestock a buffer stock ? *Journal of Development Economics*, 55(2):273–305.
- FAO (1998). The state of food and agriculture : Rural non-farm income in developing countries. FAO Agricultural Series 31, FAO.
- FIELDS, G. S. (2003). Accounting for income inequality and its change : A new method, with application to the dis-tribution of earnings in the united states. *Research Labour Economics*, 22:1–38.
- FUNK, C. C., ROWLAND, J., ADOUM, A., EILERTS, G., VERDIN, J. et WHITE, L. (2012). A climate trend analysis of senegal. Rapport technique, US Geological Survey.
- GEBREEGZIABHER, Z., MEKONNEN, A., DERIBE, R., ABERA, S., KASSAHUN, M. M. *et al.* (2013). Crop-livestock inter-linkages and climate change implications for ethiopia's agriculture : a ricardian approach. *Environment for Development Discussion Paper-Resources for the Future (RFF)*, (13-14).
- GEBREMARIAM, G. et TESFAYE, W. (2018). The heterogeneous effect of shocks on agricultural innovations adoption : Microeconometric evidence from rural ethiopia. *Food Policy*, 74:154–161.
- GREENE, W. (2018). *Econometric analysis*. Pearson, New York, NY.
- HAGGBLADE, S., HAZELL, P. B. et REARDON, T. (2007). *Transforming the rural nonfarm economy : Opportunities and threats in the developing world*. Intl Food Policy Res Inst.
- HARRIS, I. C. et JONES, P. D. (2019). Cru ts4.03 : Climatic research unit (cru) time-series (ts) version 4.03 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (jan. 1901- dec. 2018).
- HECKMAN, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47(1):153.
- HELTBERG, R. et LUND, N. (2009). Shocks, coping, and outcomes for pakistan's poor : Health risks predominate. *The Journal of Development Studies*, 45(6):889–910.
- HENRY, B., CHARMLEY, E., ECKARD, R., GAUGHAN, J. B. et HEGARTY, R. (2012). Livestock production in a changing climate : adaptation and mitigation research in australia. *Crop and Pasture Science*, 63(3):191.

- HESSE, C., ANDERSON, S., COTULA, L., SKINNER, J. et TOULMIN, C. (2013). Managing the boom and bust : supporting climate resilient livelihoods in the sahel. *IIED Issue Paper. IIED, Londres.*
- HOMEWOOD, K., TRENCH, P. C. et KRISTJANSON, P. (2009). Staying maasai ? pastoral livelihoods, diversification and the role of wildlife in development. *In Staying Maasai ?*, pages 369–408. Springer.
- IMF (2017). Tackling inequality. Rapport technique. Fiscal Monitor.
- IPCC (2014). *Climate change 2014 : synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- KABUBO-MARIARA, J. (2008). Climate change adaptation and livestock activity choices in kenya : An economic analysis. *Natural Resources Forum*, 32(2):131–141.
- KABUBO-MARIARA, J. (2009). Global warming and livestock husbandry in kenya : Impacts and adaptations. *Ecological Economics*, 68(7):1915–1924.
- KIJIMA, Y., MATSUMOTO, T. et YAMANO, T. (2006). Nonfarm employment, agricultural shocks, and poverty dynamics : evidence from rural uganda. *Agricultural Economics*, 35(s3):459–467.
- KINYUA, K. G., YAKUB, G. A., KAMAU, N. B. et BETT, H. K. (2011). Livestock marketing decisions among pastoral communities : The influence of cattle rustling in baringo district, kenya. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 1(1047-2016-85406):123–137.
- KNIGHT, L., ROBERTS, B. J., ABER, J. L. et AND, L. R. (2015). Household shocks and coping strategies in rural and peri-urban south africa : Baseline data from the size study in kwazulu-natal, south africa. *Journal of International Development*, 27(2):213–233.
- KOUSAR, R. et ABDULAI, A. (2013). Impacts of rural non-farm employment on household welfare in pakistan. *In 2nd AIEEA Conference—Between Crisis and Development : which Role for the Bio-Economy. Parma.*
- KUMAR, A., MISHRA, A. K., SONKAR, V. K., SAROJ, S., KUMAR, A., MISHRA, A. K., SONKAR, V. K. et SAROJ, S. (2020). Access to credit and economic well-being of rural households : Evidence from eastern india.
- KURUKULASURIYA, P. et AJWAD, M. I. (2006). Application of the ricardian technique to estimate the impact of climate change on smallholder farming in sri lanka. *Climatic Change*, 81(1):39–59.

- KURUKULASURIYA, P., MENDELSON, R., HASSAN, R., BENHIN, J., DERESSA, T., DIOP, M., EID, H. M., FOSU, K. Y., GBETIBOUO, G., JAIN, S., MAHAMADOU, A., MANO, R., KABUBO-MARIARA, J., EL-MARSAFAWY, S., MOLUA, E., OUDA, S., OUEDRAOGO, M., SÉNE, I., MADDISON, D., SEO, S. N. et DINAR, A. (2006). Will african agriculture survive climate change ? *The World Bank Economic Review*, 20(3):367–388.
- KUZNETS, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1):1–28.
- LERMAN, R. I. et YITZHAKI, S. (1985). Income inequality effects by income source : A new approach and applications to the united states. *The Review of Economics and Statistics*, 67(1):151.
- LITTLE, P. D., DEBSU, D. N. et TIKI, W. (2014). How pastoralists perceive and respond to market opportunities : The case of the horn of africa. *Food Policy*, 49:389–397.
- LITTLE, P. D., MCPeAK, J., BARRETT, C. B. et KRISTJANSON, P. (2008). Challenging orthodoxies : Understanding poverty in pastoral areas of east africa. *Development and Change*, 39(4):587–611.
- LITTLE, P. D. et MCPeAK, J. G. (2014). Resilience and pastoralism in africa south of the sahara, with a particular focus on the horn of africa and the sahel, west africa. *In conference paper*, volume 9.
- LOISON, S. A. (2019). Household livelihood diversification and gender : Panel evidence from rural kenya. *Journal of Rural Studies*, 69:156–172.
- LOISON, S. A. et BIGNEBAT, C. (2017). Patterns and determinants of household income diversification in rural senegal and kenya. *Journal of Poverty Alleviation and International Development*, 8(1):93–126.
- LOKSHIN, M. et SAJAIA, Z. (2004). Maximum likelihood estimation of endogenous switching regression models. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 4(3):282–289.
- LÓPEZ-FELDMAN, A. (2006). Decomposing inequality and obtaining marginal effects. *The Stata Journal : Promoting communications on statistics and Stata*, 6(1):106–111.
- MA, W. et ABDULAI, A. (2016). Does cooperative membership improve household welfare ? evidence from apple farmers in china. *Food Policy*, 58:94–102.
- MADDALA, G. S. et NELSON, F. D. (1975). Switching regression models with exogenous and endogenous switching. *Proceedings of the American Statistical Association*, 5:423–426.

- MADDISON, D. (2000). A hedonic analysis of agricultural land prices in england and wales. *European Review of Agriculture Economics*, 27(4):519–532.
- MANDA, J., ALENE, A. D., TUFA, A. H., ABDOULAYE, T., WOSSEN, T., CHIKOYE, D. et MANYONG, V. (2019). The poverty impacts of improved cowpea varieties in nigeria : A counterfactual analysis. *World Development*, 122:261–271.
- MANOLI, C., ANCEY, V., CORNIAUX, C., ICKOWICZ, A., DEDIEU, B. et MOULIN, C. (2014). How do pastoral families combine livestock herds with other livelihood security means to survive ? the case of the ferlo area in senegal. *Pastoralism : Research, Policy and Practice*, 4(1):3.
- MARCHETTA, F. (2008). Migration and non farm activities as income diversification strategies : the case of northern ghana. Rapport technique, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze Economiche.
- MBURU, S., OTTERBACH, S., SOUSA-POZA, A. et MUDE, A. (2017). Income and asset poverty among pastoralists in northern kenya. *The Journal of Development Studies*, pages 1–16.
- MCPEAK, J. (2004). Contrasting income shocks with asset shocks : livestock sales in northern kenya. *Oxford Economic Papers*, 56(2):263–284.
- MCPEAK, J. G. et LITTLE, P. D. (2017). Applying the concept of resilience to pastoralist household data. *Pastoralism*, 7(1).
- MEHAR, M., MITTAL, S. et PRASAD, N. (2016). Farmers coping strategies for climate shock : Is it differentiated by gender ? *Journal of Rural Studies*, 44:123–131.
- MENDELSON, R., NORDHAUS, W. D. et SHAW, D. (1994). The impact of global warming on agriculture : a ricardian analysis. *The American economic review*, pages 753–771.
- MENDELSON, R. O. et MASSETTI, E. (2017). The use of cross-sectional analysis to measure climate impacts on agriculture : Theory and evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2):280–298.
- MORNET, P., MUSSARD, S., SEYTE, F. et TERRAZA, M. (2014). La décomposition de l'indicateur de gini en sous-groupes. *Revue française d'économie*, XXIX(2):179.
- MULDER, M. B. (1999). On pastoralism and inequality. *Current Anthropology*, 40(3):366–368.
- MULDER, M. B., FAZZIO, I., IRONS, W., McELREATH, R. L., BOWLES, S., BELL, A., HERTZ, T. et HAZZAH, L. (2010). Pastoralism and wealth inequality. *Current Anthropology*, 51(1):35–48.
- MUSSARD, S. et TERRAZA, M. (2009). Décompositions des mesures d'inégalité : le cas des coefficients de gini et d'entropie. *Recherches économiques de Louvain*, 75(2):151.

- NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., RANIERI, M. et BERNABUCCI, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3):57–69.
- NDOYE, D., ADOHO, F., BACKINY-YETNA, P., FALL, M., NDAYE, P. T. et WODON, Q. (2009). Tendances et profil de la pauvreté au Sénégal de 1994 à 2006.
- NEGA, F., MARYSSE, S., TOLLENS, E. et MATHIJS, E. (2009). Diversification, income inequality and social capital in northern ethiopia. In *2020 China Conference : Taking Action for the World's Poor*.
- NGIGI, M. W., MUELLER, U. et BIRNER, R. (2020). Livestock diversification for improved resilience and welfare outcomes under climate risks in kenya. *The European Journal of Development Research*.
- NGUYEN, T.-T., NGUYEN, T. T. et GROTE, U. (2020). Multiple shocks and households' choice of coping strategies in rural cambodia. *Ecological Economics*, 167:106442.
- NIANG, M. et MBAYE, M. (2013). Evolution des exportations de bétail malien au Sénégal suite aux récentes crises. *Rapport final, Dakar/Sénégal*.
- NOUALA, S., PICA-CIAMARRA, U., OTTE, J. et N'GUETTA, A. (2011). Investing in livestock to drive economic growth in africa : Rationale and priorities. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 59(3):383–391.
- OCDE- FAO (2019). Perspectives agricoles 2019-2028. Rapport technique, Éditions OCDE.
- ODUSOLA, A., CORNIA, G. A., BHORAT, H. et CONCEIÇÃO, P. (2017). Inégalités de revenus en Afrique subsaharienne. Rapport technique, PNUD.
- OU, L. et MENDELSON, R. (2017). Climate adaptation by livestock farmers in asian tropics. *Climate Change Economics*, 08(03).
- PASSEL, S. V., MASSETTI, E. et MENDELSON, R. (2016). A ricardian analysis of the impact of climate change on european agriculture. *Environmental and Resource Economics*, 67(4):725–760.
- PIKETTY, T. (2013). *Le Capital au XXIe siècle*.
- POLLEY, H. W., BRISKE, D. D., MORGAN, J. A., WOLTER, K., BAILEY, D. W. et BROWN, J. R. (2013). Climate change and north american rangelands : Trends, projections, and implications. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5):493–511.
- PORTER, C. (2012). Shocks, consumption and income diversification in rural ethiopia. *Journal of Development Studies*, 48(9):1209–1222.

- RADENY, M., NKEDIANYE, D., KRISTJANSON, P. et HERRERO, M. (2007). Livelihood choices and returns among pastoralists : evidence from southern kenya. *Nomadic Peoples*, 11(2):31–55.
- RAHUT, D. B., JENA, P. R., ALI, A., BEHERA, B. et CHHETRI, N. B. (2015). Rural nonfarm employment, income, and inequality : Evidence from bhutan. *Asian Development Review*, 32(2):65–94.
- REARDON, T. et TAYLOR, J. (1996). Agroclimatic shock, income inequality, and poverty : Evidence from burkina faso. *World Development*, 24(5):901–914.
- RICARDO (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. London.
- RICHARD, D., ALARY, V., CORNIAUX, C. et DUTEURTRE, G. (2019). *Dynamique des élevages pastoraux et agropastoraux en Afrique intertropicale*.
- ROJAS-DOWNING, M. M., NEJADHASHEMI, A. P., HARRIGAN, T. et WOZNICKI, S. A. (2017). Climate change and livestock : Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16:145–163.
- ROSENZWEIG, C. et PARRY, M. L. (1994). Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367(6459):133–138.
- SALVO, D. (2013). Measuring the effect of climate change on agriculture : A literature review of analytical models. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 5(12):499–509.
- SALVO, M. D., DIEGO, B. et GIOVANNI, S. (2014). The ricardian analysis twenty years after the original model : Evolution, unresolved issues and empirical problems. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 6(3):124–131.
- SALZMAN, P. C. (1999). Is inequality universal? *Current Anthropology*, 40(1):31–61.
- SCHARF, M. M. et RAHUT, D. B. (2014). Nonfarm employment and rural welfare : Evidence from the himalayas. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(4):1183–1197.
- SEO, S. N. (2010). Is an integrated farm more resilient against climate change? a micro-econometric analysis of portfolio diversification in african agriculture. *Food Policy*, 35(1):32–40.
- SEO, S. N. (2014). Adapting to extreme climates : raising animals in hot and arid ecosystems in australia. *International Journal of Biometeorology*, 59(5):541–550.
- SEO, S. N. et MCCARL, B. (2011). Managing livestock species under climate change in australia. *Animals*, 1(4):343–365.

- SEO, S. N., McCARL, B. A. et MENDELSON, R. (2010). From beef cattle to sheep under global warming ? an analysis of adaptation by livestock species choice in south america. *Ecological Economics*, 69(12):2486–2494.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2006). Climate change adaptation in africa : a microeconomic analysis of livestock choice. Rapport technique.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2008a). Animal husbandry in africa : climate change impacts and adaptations. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(311-2016-5520):65–82.
- SEO, S. N. et MENDELSON, R. (2008b). Measuring impacts and adaptations to climate change : a structural ricardian model of african livestock management1. *Agricultural Economics*, 38(2):151–165.
- SHORROCKS, A. F. (1980). The class of additively decomposable inequality measures. *Econometrica*, 48(3):613.
- SHORROCKS, A. F. (1982). Inequality decomposition by factor components. *Econometrica*, 50(1):193.
- SHORROCKS, A. F. (1984). Inequality decomposition by population subgroups. 52(6):1369.
- STARK, O., TAYLOR, J. E. et YITZHAKI, S. (1986). Remittances and inequality. *The Economic Journal*, 96(383):722.
- STIGLITZ, J. E. (2012). *Le prix de l'inégalité*. Editions Les liens qui libèrent.
- SUTTER, J. W. (1987). Cattle and inequality : herd size differences and pastoral production among the fulani of northeastern senegal. *Africa*, 57(02):196–218.
- TERRAZA, M., SEYTE, F., MUSSARD, S. et KOUBI, M. (2005). Évolution des inégalités salariales en france entre 1976 et 2000 : une étude par la décomposition de l'indicateur de gini. *Économie & prévision*, 169(3):139–169.
- TOURÉ, I., ICKOWICZ, A., WANE, A., GARBA, I. et GERBER, P. (2012). Systeme d'information sur le pastoralisme au sahel. atlas des evolutions des systemes pastoraux au sahel 1970-2012. Rapport technique, FAO.
- TOURÉ, I., DIOP, A. et DIOUF, A. (2003). Dynamic analysis of landscapes and landcovers for the knowledge and evolution of the pastoral ecosystems in the ferlo-senegal. *In Proceeding of the VII International Rangelands Congress, Editions N. Allsopp ISBN number 0-958-45348-9*, pages 134–136.



- TSEGAYE, D., VEDELD, P. et MOE, S. (2013). Pastoralists and livelihoods : A case study from northern afar, ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 91:138–146.
- TUFA, A. H., ALENE, A. D., MANDA, J., AKINWALE, M., CHIKOYE, D., FELEKE, S., WOSSEN, T. et MANYONG, V. (2019). The productivity and income effects of adoption of improved soybean varieties and agronomic practices in malawi. *World Development*, 124:104631.
- WAGSTAFF, A. et LINDELOW, M. (2013). ARE HEALTH SHOCKS DIFFERENT ? EVIDENCE FROM a MULTISHOCK SURVEY IN LAOS. *Health Economics*, 23(6):706–718.
- WANE, A., ANCEY, V. et TOURÉ, I. (2010a). Pastoralisme et recours aux marchés : Cas du sahel sénégalais (ferlo). *Agriculture*, 19(1):14–20.
- WANE, A., ANCEY, V., TOURÉ, I., NDIOMBÈNE KÂ, S. et DIAO CAMARA, A. (2010b). L'économie pastorale face aux incertitudes. le salariat au ferlo (sahel sénégalais). *Cahiers Agricultures*, 19(5):359–365.
- WANE, A., CESARO, J. D., DUTEURTRE, G., TOURÉ, I., NDIAYE, A., ALARY, V., JUANÈS, X., ICKOWICZ, A., FERRARI, S. et VELASCO, G. (2020). The economics of pastoralism in argentina, chad and mongolia. Rapport technique, Rome.
- WANE, A. et MBALLO, A. D. (2016). Evaluation des risques agricoles des sous-secteurs de l'élevage et de la pêche. Rapport technique, Platform for Agricultural Risk Management.
- WANE, A., TOURÉ, I. et ANCEY, V. (2009). Assets of the market, assets of the rural world : Pastoral market income distribution in the senegalese sahel (ferlo). *Journal of income distribution*, 18(3-4):232–248.
- WOOLDRIDGE, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.
- WORLD BANK (2016). Poverty and shared prosperity 2016 : taking on inequality. Rapport technique.
- WORLD BANK (2019). Chad growth and diversification leveraging export diversification to foster growth : Leveraging export diversification to foster growth. Rapport technique.
- WORLD FOOD PROGRAMME (2019). Chad annual country report 2019. Rapport technique.
- YILMA, Z., MEBRATIE, A., SPARROW, R., ABEBAW, D., DEKKER, M., ALEMU, G. et BEDI, A. S. (2014). Coping with shocks in rural ethiopia. *The Journal of Development Studies*, 50(7): 1009–1024.
- ZHU, N. et LUO, X. (2006). Nonfarm activity and rural income inequality : A case study of two provinces in china. Rapport technique, World Bank.

---

ZHU, N. et LUO, X. (2010). The impact of migration on rural poverty and inequality : a case study in china. *Agricultural Economics*, 41(2):191–204.