UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Analyse des variations des actifs naturels sur les performances des éleveurs péri-urbains

Banderembako, Vianney

2020-10
UB, Faculté des sciences économiques et administratives
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/217

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITÉ DU BURUNDI

Analyse des variations des actifs naturels sur les performances des eleveurs peri-urbains



FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

Département d'Économie Rurale, Sociale et de l'Environnement

ANALYSE DES VARIATIONS DES ACTIFS NATURELS SUR LES PERFORMANCES DES ELEVEURS PERI-URBAINS

Par

Vianney BANDEREMBAKO

MEMOIRE

présenté et défendu publiquement pour l'obtention du

Diplôme de Master en Économie

Spécialité : Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles

---

Composition du Jury

Directeur : Dr. Ir. Patrice NDIMANYA

President : Pr Diomede MANIRAKIZA

Membre : Dr Ir Gregoire NAHIMANA

Bujumbura, octobre 2020

DEDICACES

A mes regretés parents,

A mes frères et sœur,

A tous ceux qui me sont chers,

Pour que ce mémoire suscite en eux l'ardeur au travail.

Vianney BANDEREMBAKO

REMERCIEMENTS

En commençant ce mémoire, il était difficile d'envisager à quoi elle aboutirait après presque une année. La proposition du mémoire était à l'origine très vaste et sa réalisation ambitieuse.

Je souhaiterais bien évidement remercier mon Directeur de mémoire, Docteur Ingénieur Patrice NDIMANYA, pour m'avoir proposé ce projet, m'avoir fait confiance pour le mener à termes et pour ses idées, toujours innovantes et avoir accepté de diriger cette thèse malgré ses nombreuses préoccupations. Un vif merci aussi à mon co-directeur, Professeur Salvator KABONEKA pour sa disponibilité, son écoute, le partage de son expérience de la recherche et pour avoir tenu ses engagements, même en se sentant parfois en peu éloigné de mon sujet de mémoire.

Je tiens, également, à exprimer mon immense reconnaissance et mon profond respect au Professeur Diomède MANIRAKIZA responsable du programme de Master dans le Département d'Économie Rurale, Sociale et de l'Environnement. Il m'a encadré durant mon rapport stage de Baccalauréat et c'est grâce à ses directives que je suis arrivé à ce stade dans mes travaux de recherche.

Je remercie aussi Professeur Bernard SINDAYIHEBURA pour ses encouragements, ses orientations, explications et son soutien. Je remercie vivement la République Populaire de Chine via son Ambassade de Bujumbura pour ses encouragements financiers depuis la première année de Master jusqu'aujourd'hui.

D'autres, encore, ont alimenté de près ou de loin mes réflexions lors d'intéressantes et fructueuses discussions, je remercie notamment Jean Baptiste BAGONA, Didier NINTERETSE et mes camarades étudiants.

Enfin, mais avant tout, mes pensées vont à mes regrettés parents, puisse ce travail être une goutte de gratitude dans l'océan de sacrifices qu'ils m'ont consentis. A ma sœur qui me soutient depuis toujours et dans toutes les circonstances.

Et surtout, à mes frères, pour leur dévouement, leurs encouragements, leurs réflexions et toutes les discussions fructueuses qu'on a eues, je les remercie d'être à mes côtés chaque jour et de m'apporter le soutien et le bonheur.

Vianney BANDEREMBAKO

LISTE DES ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
AEBB	: Assocition des Eleveurs Bovins de Buringa
CAS	: Centre d'Analyse Stratégique
CIRAD	: Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
CMED	: Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement
CNUEH	: Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement Humain
CO_2	: Gaz carbonique
DD	: Développement Durable
Dr	: Docteur
E_f	: Etat Final
EFTA	: European Free Trade Association
E_i	: Etat Initial
Etc	: Etcetera
FAO	: Food and Agriculture Organization
FAOSTAT	: Food and Agriculture Organization Statistics
FIDA	: Fonds International pour le Developpement Agricole
FOMI	: Fertilisants Organo- Minéraux
Frs bu	: Francs burundais
GES	: Gaz à Effet de Serre
Gt	: Gigatonnes
GTNT	: Grands troupeaux Non Transhumants
GTT	: Grands troupeaux transhumants
H0	: Hypothèse nulle
H1	: Hypothèse Alternative
i.e	: idem
IASZ	: Intégration Agro-Sylvo-Zootechnique
IFAT	: Institut Français d'Analyse Transactionnelle
IFEN	: Institut Français de l'Environnement
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE	: Institut National de la Statistique et des Études Économiques
Ir	: Ingénieur
IRRI	: International Rice Research Institute

Km : Kilomètre
L : Litre
m : Mètre
MCO : Moindres Carrées Ordinaires
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PAC : Politique Agricole Commune
PDIE : Protéines Digestibles dans l'Intestin grêle permises par l'Énergie
PIB : Produit Intérieur Brut
PMA : Pays Moins Avancés
PNUE : Programme des Nations-Unies sur l'Environnement
PVD : Pays en Voie de Développement
RN : Route Nationale
SE : Systèmes d'Élevage
SPAI : Sous Produits Agro-Industriels
STH : Surface toujours en herbes
UE : Union Européenne
UEL : Unité d'Encombrement pour les animaux Laitiers
UFL : Unité Fourragère Lait
USA : Unated States of America

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des espèces fourragères naturelles sollicitées par les éleveurs au marché de fourrage de Buringa pour leur qualité 60

Tableau 2: Quantités moyennes des SPAI achetées par les éleveurs enquêtés dans les deux campagnes agricoles écoulées (2016-2017 et 2018-2019) 62

Tableau 3: La moyenne des prix des SPAI par unité en francs burundais dans les deux campagnes agricoles écoulées (2016-2017 et 2018-2019) 63

Tableau 4. Composantes du prix de revient d'un litre de lait dans la zone d'étude 64

Tableau 5. Quelques résultats zootechniques 65

Tableau 6: Résultats « Probit » de la participation au marché des intrants 77

Tableau 7 : Résultats « Probit » de la participation aux marchés des produits 78

Tableau 8: Élasticités des demandes d'intrants par rapport au prix 79

Tableau 9 : Elasticités d'offre de produits par rapport aux prix du produit 81

Tableau 10: Élasticités des demandes d'intrants par rapport aux facteurs autres que les prix 82

Tableau 11: Élasticités des offres par rapport aux facteurs autres que les prix 83

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Représentation schématique du système fourrager 21

Figure 2: Représentation schématique d'ateliers de production 21

Figure 3: Modalités des réponses d'un système à une perturbation. 29

Figure 4: Les facteurs configurant, limitant et réducteurs et leurs effets sur la production animale 31

Figure 5: Les principales sources de pression sur les ressources naturelles et leurs conséquences 40

Figure 6: Principaux facteurs de perturbation des systemes d'elevage au Burundi. 41

Figure 7: Surplus du producteur 46

Figure 8: Variation du surplus du producteur producteur 46

Figure 9 : Utilisation des SPAI dans les deux dernières campagnes agricoles écoulées (2016-2017 et 2018-2019) 62

Figure 10: Femelles selon l'âge 66

Figure 11 : Inventaires des animaux mâles des éleveurs enquêtés selon l'âge 67

Figure 12 : Ampleur des problèmes de gestion des ressources naturelles entre éleveurs et agriculteurs 67

Figure 13 : Sources de conflits 68

Figure 14 : Vente et utilisation du fumier 69

Figure 15 : Gestion des pâturages 70

Figures 16, 17, 18 et 19: Comparaison des consommations intermédiaires de 1990 et 2019 des éleveurs enquêtés 71

Figures 20, 21 et 22 : Comparaison du produit brut de 1990 et 2019 des éleveurs enquêtés 73

RESUME

L'étude des relations « élevage-environnement » montre que beaucoup d'auteurs ont toujours avancé que l'élevage bovin dégrade les ressources naturelles sans examiner les conséquences de leurs variations sur la rentabilité de l'élevage bovin. La présente étude s'attelle à un tel exercice. A partir d'une fonction de profit multi produit (approche duale), on a dérivé des fonctions de demande d'intrant et d'offre de produits. Leur analyse permet, sans connaître la technologie réelle des producteurs, d'apprécier leur comportement adaptatif suite aux variations quantitatives des actifs environnementaux et aux variations des prix. Les résultats de l'analyse montrent que les demandes d'intrants et les offres des produits répondent faiblement aux variations des prix. Mais les variations pluviométriques entraînent des variations plus que proportionnelles des demandes d'intrants et des offres de bovins et du lait. L'eau apparaît comme une contrainte majeure pour la production bovine.

Par contre, les réductions de pâturages n'influencent pas significativement les achats de sous-produits agricoles et/ou agro-industriels. Les tests économétriques révèlent cependant que les actifs naturels considérés (pluviométrie et pâturages) expliquent conjointement les variations des demandes de facteurs de production comme le son de riz, pailles de riz, son de maïs, tiges de maïs et sel dans les systèmes d'élevage bovin.

Mais, ces résultats ne permettent pas de conclure que les systèmes d'élevage dégradent ou ne dégradent pas l'environnement. Les politiques et stratégies de développement du secteur de l'élevage doivent accorder une place importante à ces aspects pour réduire la vulnérabilité des systèmes de la production bovine sur le plan alimentaire. En outre, des études minutieuses devraient être entreprises pour une exploitation rationnelle des ressources fourragères inexploitées.

Enfin, la grande réserve naturelle de la Rukoko constitue un potentiel important dont l'utilisation optimale pourrait accroître considérablement les disponibilités fourragères si elle est exploitée d'une manière rationnelle et durable.

Mots clés : Elevage bovin, développement durable ressources naturellest et Performances économiques

ABSTRACT

The study of « livestock-environment » relationships shows that many authors have always argued that cattle breeding degrade natural resources without examining the consequences of their variations on the profitability of cattle breeding. This study tackles such an exercise.

From a multi-product profit function (dual approach), we have derived input demand and product supply functions. Their analysis makes it possible, without knowing the real technology of the producers, to assess their adaptive behavior following quantitative variations in environmental assets and price variations.

The results of the analysis show that the demands for inputs and supply of products respond poorly to price changes. But variations in rainfall lead to more than proportional variations in demand for inputs and supplies of cattle and milk. Water appears to be a major constraint for beef production.

On the other hand, reductions in pasture do not significantly influence the purchases of agriculture and/or agro-industrial by-products. Econometric tests reveal, however, that the natural assets considered (rainfall and pasture) jointly explain the variations in the demands of production factors such as rice bran, rice straw, maize bran, corn stalks and salt in cattle breeding systems.

But these results do not support the conclusion that livestock systems degrade or do not degrade the environment. Policies and strategies for the development of the livestock sector give an important place to theses aspects to reduce the vulnerability of the cattle production systems in terms of food. Careful studies should be undertaken for the rational exploitation of untapped fodder resources.

To this end, the large Rukoko nature reserve has great potential, the optimal use of which could considerably increase fodder availability if it is exploited in a rational and sustainable manner.

Keywords: Cattle breeding, natural assets, Sustainable development and economic performance

TABLE DES MATIERES

DEDICACES ..... **i**

REMERCIEMENTS ..... **ii**

LISTE DES ABREVIATIONS ..... **iii**

LISTE DES TABLEAUX ..... **v**

LISTE DES FIGURES ..... **vi**

RESUME ..... **vii**

ABSTRACT ..... **viii**

TABLE DES MATIERES ..... **ix**

0. INTRODUCTION GENERALE **1**

0.1. Contexte général 1

0.2. Problématique de la recherche 4

0.2.1. Problématique de la gestion durable des ressources naturelles 4

0.2.1.1. Concepts d'environnement et de ressources naturelles 5

0.2.2. Problématique du concept de développement durable 6

0.2.2.1. Enjeux du développement durable 10

0.3. Question de la recherche 10

0.4. Objectifs de la recherche 11

0.5. Hypothèse de la recherche 12

0.6. Intérêt et justification du sujet de la recherche 12

0.7. Délimitation de la recherche 13

CHAPITRE I. ACCEPTATION DES RESSOURCES NATURELLES: MOTEUR DE L'ECONOMIE, ECOSYSTEMES PRAIRIAUX, CHANGEMENT CLIMATIQUE ET INCIDENCE DES EVENEMENTS EXTREMES **14**

I.1. Introduction 14

I.2. Définition et typologie du concept ressource naturelle 14

I.2.1. Ressources naturelles : moteur de l'économie 14

I.3. Conception de la Science Economique avec l'environnement 15

I.4. Ecosystèmes prairiaux 16

I.4.1. Prairies : Définitions 17

I.4.1.1. Modes de conduite 18

I.4.1.2. Exploitation de la production d'herbe 18
I.4.1.3. Fertilisation 18
I.4.2. Place de l'herbe dans l'alimentation des bovins 19
I.4.3. Système fourrager 20
I.5. Concepts des systèmes d'élevage 22
I.5.1. Typologie des systèmes d'élevage 22
I.5.2. Système d'élevage 23
I.5.3. Système de production de l'élevage bovin 24
I.5.4. Effets d'un réchauffement sur la production fourragère 24
I.5.5. Système agraire 25
I.5.6. Système de culture 26
I.6. Incidence des évènements extrêmes 26
I.6.1. Flexibilité des écosystèmes prairiaux face aux aléas climatiques 27
I.6.1. 1. Notion de flexibilité 27
I.6.2. Flexibilité biologique 29
I.6.3. Flexibilité décisionnelle 30
I.7. Evolution, stratégies d'alimentation et tendances actuelles des élevages bovins au Burundi 31
CHAPITRE II. RELATIONS DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE ET L'ENVIRONNEMENT 33
II.1. Élevage et gestion de l'environnement : des relations controversées 33
II.2. Impacts de l'élevage sur l'environnement 33
II.2.1. Impacts de l'élevage sur l'eau 35
II.3. Elevage et agriculture : des relations conflictuelles et de complémentarité 38
II.3.1. Relations conflictuelles 38
II.3.2. Relation de complémentarité 39
II.4. Contexte de la production animale 39
II.5. Champ de la recherche et les hypothèses 41
CHAPITRE III. FONDEMENTS ECONMIQUES DE LA VALORISATION DES RESSOURCES NATURELLES……..... 44
III.1. Théorie du producteur 44

III.2. Minimisation des coûts 44
III.3. Maximisation du profit 45
III.4. Surplus du producteur 45
III.5. Approche par la fonction de profit ou approche duale 46
III.6. Sources des externalités : la notion de bien public 47
III.7. Externalités et théories explicatives 48
III.7.1. Dilemme du prisonnier 48
III.7.2. Passager clandestin 49
III.8. Fonction de profit Cobb-Douglas 49
III.9. Problème des demandes d'intrants nulles 50
III.10. Elasticités dans la spécification de Cobb-Douglas 51
III.10.1. Elasticités-prix des demandes d'intrants et d'offre de produits 51
III.10.2. Elasticités par rapport aux facteurs fixes et d'environnement 52
CHAPITRE IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE 53
IV.1. Introduction 53
IV.2. Présentation de la zone d'étude 53
IV.2.1. Données physiques 53
IV.2.2. Données socio-économiques 54
IV.3. Conception de la recherche 54
IV.4. Population et technique d'échantillonnage 54
IV.5. Cadre théorique de la recherche 54
IV.6. Elaboration du Modèle de la recherche et spécification fonctionnelle 55
IV.7. Analyse de données 58
CHAPITRE V. DESCRIPTION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS 59
V.1. Typologie des systèmes d'élevage 59
V.2. Espèces fourragères préférées 60
V.3. Analyse descriptive des données de l'enquête 61
V.3.1. Analyse de la demande des intrants comme facteurs productions 61
V.3.1.1. Demande des SPAI 61
V.3.1.2. Demande des résidus de récolte comme intrants 65

V.3.1.3. Quelques résultats zootechniques 65
V.3.1.3.1. Inventaires des animaux des éleveurs enquêtés selon l'âge et le sexe 66
V.3.2. Vente des produits 69
V.3.2.1. Vente et achat d'animaux des bovins 69
V.4. Estimations et résultats économétriques 74
V.4.1. Principe des tests de signification 74
V.4.2. Test de signification individuelle des coefficients 75
V.4.3. Tests d'adéquation d'ensemble des régressions 75
V.4.4. Test sur un groupe de paramètres 75
V.5. Modèles de participation aux différents marchés 76
V.5.1. Participation aux marchés des intrants 76
V.5.2. Participation aux marchés des produits 78
V.6. Analyse des élasticités 79
V.6.1. Elasticités-prix d'offre et de demande 79
V.6.1.1. Elasticités de demande d'intrants 79
V.6.2. Effets des variables environnementales et des facteurs fixes 81
V.6.3. Fonctions de demande d'intrants 82
V.6.4. Fonctions d'offre de produits 83
CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS 84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 89
ANNEXES 97

0. INTRODUCTION GENERALE

0.1. Contexte général

Tout système économique se préoccupe d'une réponse pertinente et durable de savoir «comment produire». Une fois que le produit a été choisi (résolution de « Que produire »), le producteur cherche à combiner les différents facteurs de production disponibles de manière optimale ou efficace ce qui lui permet d'apprécier les performances du système de production et ses capacités à s'adapter aux changements, notamment aux variations du milieu naturel qui reste une contrainte majeure pour tous les systèmes de production dans les PVD (Pays en Voie de Développement).

Cette question est particulièrement importante pour les systèmes de production animale qui font face à un environnement incapable de satisfaire une demande en éléments naturels sans cesse croissante. C'est depuis le milieu des années soixante que la pensée économique s'est trouvée véritablement confrontée avec ce qu'on peut appeler la question de l'environnement.

Certes, des soubassements théoriques avaient été posés bien avant, tant pour les phénomènes de pollution; analyse pigouvienne (1920), puis coasienne (1960), de l'écart entre coûts sociaux et coûts privés créé par la présence d'externalités. Les problèmes d'exploitation et de gestion des ressources naturelles (Hotelling, 1931) pour l'économie des ressources épuisables (Gordon, 1954) pour des ressources renouvelables comme les pêcheries, sans remonter aux problématiques et débats du XIXe siècle.

Cette situation allait permettre de concevoir l'étude des problèmes d'environnement soit comme le déploiement de ressources conceptuelles et méthodologiques déjà acquises pour l'essentiel, soit comme la recherche d'une réponse originale à un défi inédit.

A partir de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement de 1972 à Stockholm, il y a eu une prise de conscience de l'importance et de l'urgence des problèmes écologiques de la planète. Grâce à cet évènement, il y a eu un déclenchement d'un phénomène sans précédent de prolifération des organisations écologiques et surtout d'un mouvement écologique international qui peut être considéré comme le premier précurseur des lois et des règlementations environnementales à travers le monde.

Plusieurs études et programmes de développement supposent implicitement que l'élevage de vaches est plus rentable par rapport au petit bétail. Une considération similaire est observée dans le concept dit « Livestock ladder » qui suppose que les ménages commencent d'abord par investir dans de petites activités et progressivement, comme ils accumulent des richesses, investissent dans le gros bétail (Todd, 1998; Perry, 2002; Maas et *al.*, 2013).

L'économie burundaise, comme celle de la plupart des pays de l'Afrique au Sud du Sahara, repose sur le secteur primaire. L'agriculture et l'élevage lui infusent son dynamisme et sa vitalité. Or les productions agricoles, végétales et animales sont sujettes à des variations importantes liées aux caprices climatiques. L'élevage est au cœur des débats sur la capacité de l'agriculture à répondre aux défis globaux de l'alimentation, de la limitation des gaz à effet de serre (GES) et de la consommation d'énergie fossile et enfin de la préservation de la biodiversité (Steinfeld et *al.*, 2006 ; Coulon et Lecomte, 2009).

Mais l'élevage est aussi un acteur essentiel du développement de nombreux territoires ruraux (Manoli et *al.*, 2010), parce qu'il conditionne l'utilisation des espaces agricoles et les paysages, mais aussi parce qu'il marque les cultures humaines, les dynamiques économiques et sociales par les multiples fonctions (productives ou non) qu'il remplit auprès des sociétés rurales (Kruska et *al.*, 2003 ; Gibon et Ickowicz, 2010).

Le Burundi dispose d'une population qui vit principalement de l'agriculture et de l'élevage. L'agriculture est pratiquée par près de 90% de la population (Bigawa & Ndorere, 2002). En fait, le paysan burundais est à la fois cultivateur et éleveur (Cazenave-Piarrot, 2004). Dans l'amélioration qualitative et quantitative de la ration alimentaire, l'élevage joue un rôle extrêmement important par son apport en éléments nutritifs.

Le bétail que possède le Burundi est constitué par de petits et de gros animaux et s'observe un peu partout dans le pays. Même dans les zones périphériques de la ville de Bujumbura, la capitale économique du pays, l'élevage y est pratiqué, mais comprend essentiellement des troupeaux de vaches laitières de races améliorées.

Plus particulièrement, les sites de Buringa et Maramvya qui sont localisés respectivement en communes Gihanga de la Province Bubanza et Mutimbuzi de la Province Bujumbura, non loin de l'Aéroport Melchior NDADAYE, disposent d'un grand nombre de têtes de bovins qui assurent par conséquent une production importante du lait consommé dans la ville de la capitale burundaise.

L'élevage est l'un des secteurs clés de la vie nationale. Selon la FAO (2019), il contribue à 14% du PIB national et à 29% du PIB agricole. L'agriculture emploie 90% de la population, soit plus que l'équivalent de la population rurale et elle est donc le moyen de subsistance de plus des trois quarts des Burundais, alors qu'elle représente moins de la moitié de la richesse produite chaque année par le pays. Elle assure plus de 95 % des apports alimentaires et plus de 80 % des recettes en devises du pays.

Les faibles performances du bétail élevé au Burundi sont dues à l'insuffisance alimentaire tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Mais, elles sont dues aussi à une faible maitrise des autres facteurs de production dont l'hygiène et à la santé. L'élevage de type extensif domine. La FAO (2019) avait déjà soulevé une question pareille dans son projet « Contribution à l'augmentation de la productivité animale à travers l'amélioration de l'alimentation du bétail auprès des ménages et de réflexion sur la problématique de l'alimentation du bétail au Burundi » qui a démarré le 1er décembre 2016 et qui a été clôturé le 31 mars 2019. Ledit projet a été exécuté dans les provinces de Gitega, Bururi et Ngozi respectivement dans trois communes de Bugendana, Matana et Gashikanwa.

L'expansion des surfaces de culture et la dégradation de certaines zones de pâture entraînent une réduction nette des surfaces pâturables. Mais la réduction de pâturages observée n'est pas seulement le résultat d'une forte demande d'espace pour les cultures; elle est également le résultat d'un accroissement net du nombre d'animaux. Ceci entraîne une réduction de l'espace pâturable par animal et par conséquent une surcharge de celui-ci.

Les effets cumulés qui en découlent sont aggravés par ceux d'une démographie galopante et de l'amélioration de la santé animale qui a considérablement réduit la mortalité des animaux.

Enfin, l'élevage est une activité humaine, qui demeure dans la très grande majorité des cas liée aux trajectoires de vie des familles (nucléaires ou élargies), intervenant fortement dans leur rapport à l'environnement, dans leurs capacités d'adaptation, dans l'organisation sociale locale, et dans les mécanismes d'accumulation (Dedieu et *al.*, 2008 b ; Duteurtre et Faye 2009).

Un argument qui est sûr, est que le revenu escompté sur le bétail est fonction de conditions locales de l'environnement, telles que la densité de population, les précipitations et l'accès au marché.

0.2. Problématique de la recherche

La problématique de la gestion de l'environnement (ressources naturelles pour notre cas) se trouve prioritairement au cœur du débat économique depuis quelques années, et particulièrement dans les Pays en Voie de Développement.

Resté pendant longtemps à la marge des préoccupations de l'économiste (dont la plus importante est la lutte contre la rareté), l'environnement est devenu aujourd'hui un enjeu économique important sur le plan international, et particulièrement dans les pays se trouvant au sud du Sahara. Tributaires des facteurs naturels, l'essentiel de leur économie repose sur le secteur primaire, une situation qui est significative de la grande consommation d'espaces et de biens environnementaux.

L'environnement est alors défini comme une collection de biens, ou d'actifs naturels rendant des services à l'homme, que ces services soient directement utiles comme les aménités environnementales entrant dans les fonctions d'utilité des consommateurs (spectacle de la nature sauvage, paysages, air pur, température extérieure, etc.) ou qu'ils le soient à travers leur incorporation à une production sous forme de facteurs de production ou matières premières (sols agricoles, semences, engrais végétal, bois), de réserves de ressources naturelles (forêts) ou encore de fonctions d'assimilation des déchets (zones humides).

Biens parmi les biens, services parmi les services, actifs parmi les actifs, les biens environnementaux partagent alors un même statut de base, même s'ils ont quelques propriétés particulières, avec les biens productibles dont la reproduction est assurée par l'appareil de production économique. Dès lors, les deux types de biens sont traités comme des commensurables et soumis aux mêmes principes d'évaluation et d'allocation.

0.2.1. Problématique de la gestion durable des ressources naturelles

Comme les ressources naturelles[1] sont des composantes de l'environnement, on commence par la définition de ce concept. Ensuite, nous avons montré les liens qui existent entre la gestion des ressources naturelles et les problèmes d'environnement. Dans cette section, on a passé en revue quelques définitions de l'environnement en soulignant quelques articulations possibles entre les différents éléments qui le constituent avant d'aborder la question générale de recherche.

[1] Dans cette recherche, on utilise les expressions «ressources naturelles « facteurs d'environnement », « facteurs environnementaux » ou « actifs naturels » comme équivalentes.

0.2.1.1. Concepts d'environnement et de ressources naturelles

L'environnement est un concept très vaste. C'est le carrefour des sciences. Il a fait l'objet d'une multiplicité de définitions. D'une manière générale, les définitions admises dépassent le cadre physique.

Pour Kabala (1993), « l'environnement est défini comme un ensemble de milieux d'influences (milieux humain, naturel, économique) qui agissent sur l'individu à tous les instants de sa vie quotidienne et déterminent en grande partie son comportement dans toutes les dimensions de son être: sociale, intellectuelle, affective, spirituelle, culturelle ».

Dans cette définition, l'environnement est alors perçu comme une contrainte majeure pour l'homme, et partant pour ses activités socioéconomiques. Il modèle ainsi son comportement et l'oblige à un perpétuel mouvement d'adaptation aux variations du milieu naturel dans lequel il vit, et duquel il ne peut se dissocier.

La définition ci-dessus développée n'épouse pas tout à fait celle de Bourguinat (1973) qui stipule que « l'environnement est constitué aussi bien par le milieu naturel ou artificiel qui nous entoure que par le tissu de plus en plus serré des relations intellectuelles et le réseau d'informations que nous avons bâti ». Cette définition indique l'importance des interactions entre l'homme et l'environnement.

En effet, l'homme ne subit pas seulement l'environnement; mais il le modifie, le transforme pour améliorer sa satisfaction ou son bien-être. L'homme se situe donc au cœur de l'environnement; il est l'acteur principal de son maintien, de son développement et même de sa dégradation.

Quant au Code de l'Environnement du Burundi, il avance que «l'environnement est considéré comme l'ensemble des éléments naturels et artificiels ainsi que des facteurs économiques, sociaux et culturels qui conditionnent l'existence, la transformation et le développement du milieu, des organismes et des activités humaines. L'environnement burundais constitue un patrimoine commun dont la sauvegarde incombe à l'État, aux collectivités locales, aux organismes publics et aux citoyens, individuellement ou groupés en association.»[2]

[2] Chapitre II du Code de l'environnement, Article 12 page 5

Toutes ces définitions couvrent un champ très large; ce qui n'est pas de nature à faciliter les analyses. Il faut leur reconnaître cependant l'avantage qu'elles ont de montrer les interrelations qui existent entre les différents éléments qui constituent l'environnement.

Ce choix se justifie surtout par le fait que cet élément est plus facile à appréhender comparativement aux caractères normatifs tels que la « qualité » ou la « beauté » d'un actif naturel[3]. Cependant, l'analyse qualitative prend en compte les autres aspects (institutionnel, sociologique, culturel, etc.) car les biens environnementaux sont par définition des « biens publics », d'accès libre[4] dans la majorité des cas.

L'eau et les pâturages sont des ressources naturelles renouvelables et multifonctionnelles. Elles sont l'objet d'une demande directe pour la consommation ou une demande d'usage dans le cadre de la production (demande dérivée). Ces ressources ne s'épuisent pas comme une mine dont les quantités de minerais sont prédéterminées. Le recyclage dont elles sont capables permet au stock restant de se reproduire et d'assurer une certaine pérennité de la ressource.

Mais dès lors que les conditions d'exploitation ne respectent plus les cycles écologiques, on parle de dégradation de l'actif ou de la ressource, et par conséquent tout l'environnement dont il n'est qu'un élément. L'atteinte à un élément perturbe alors une harmonie d'ensemble qui existait; « tout comme un mal de la dent perturbe toute l'harmonie du corps selon sa gravité ».

0.2.2. Problématique du concept de développement durable

Depuis plusieurs années et grâce aux progrès technologiques, le monde a connu une amélioration nette du bien-être matériel qui s'est traduit par une augmentation de l'efficience économique, par des avancées technologiques successives et par des pratiques industrielles intensives cherchant à tout prix une rentabilité maximale au détriment de l'état de l'environnement. Malheureusement, ce développement technologique qu'on peut qualifié d'inéquitable, quelques pays se le partagent, créant ainsi des inégalités. Modernisation, progrès techniques et mauvaise gestion des ressources naturelles sont à l'origine d'énormes dégâts tels que : pollution de l'air, des sols, surexploitation des ressources (énergies fossiles, forêts, océans,…), disparition d'une partie importante de la biodiversité, etc.

[3] Par exemple, il est très difficile de trouver un critère stable d'appréciation de la « qualité » ou de la « beauté » d'un paysage. Par contre, une réduction de surface se constate aisément, sans ambiguïté et pourrait même être mesurée dans certaines conditions.

[4] L'accessibilité à une ressource est comprise ici en terme de disponibilité ou de barrières institutionnelles (taxes, participation proportionnelle à la restauration des pâturages). Dans certains cas, on peut l'envisager par rapport aux coûts d'obtention ou de production qui sont quasiment nuls dans le cas des ressources naturelles.

Heureusement, et grâce à une prise de conscience de l'ampleur de ces dégâts et de toutes les menaces qui en découlent, il y a eu le développement de la notion du Développement Durable vers les années 1980. Cette notion est née, pour la première fois, lors d'un colloque entre scientifiques et économistes à Founex en Suisse en 1971.

Au début, elle a été nommée écodéveloppement, terme qui se changera pour des raisons politiques en Développement Durable vers la fin des années 1980. Il s'est avéré indispensable de repenser toutes nos mauvaises habitudes et d'opter pour un mode de développement économique et social respectueux de l'environnement.

La notion de Développement Durable a été proposée officiellement pour la première fois en 1987 par la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (CMED) dans le Rapport Brundtland[5] (du nom d'un ancien premier ministre Norvégien), selon cette commission :

« *Le Développement Durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».*

Le DD s'appuie sur le triptyque de l'économie, l'écologie et le social. Cette définition reflète suffisamment l'intime relation qui relie l'économie et l'écologie, ce qui rend le DD vital à long terme, à condition d'encourager le verdissement progressif de l'économie. Et contrairement aux préjugés, le verdissement des économies ne constitue en aucun cas un obstacle à la création de richesses. Il suffit juste de mettre en place un bon processus de transition vers une économie « verte ».

En plus, et selon le rapport du PNUE (Programme des Nations-Unies pour l'Environnement intitulé « vers une économie verte»[6] :

« *Le verdissement non seulement entraine une augmentation de la richesse, en particulier un gain de biens environnementaux communs ou de capital naturel, mais génère aussi (sur une période de six ans) un taux plus élevé de croissance du PIB, mesure classique de la performance économique.»*

[5] Le Rapport Brundtland, officiellement intitulé Notre avenir à tous (Our Common Future), est une publication rédigée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland. Utilisé comme base au Sommet de la Terre de 1992, le rapport a popularisé l'expression de « développement durable » et a notamment apporté la définition communément admise du concept. http://fr.wikipedia.org/wiki/Rapport_Brundtland

[6] 2011, PNUE: «Vers une économie verte: Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté Synthèse à l'intention des décideurs». www.unep.org/greeneconomy

Sauf que, selon le rapport du CAS (Centre d'Analyse Stratégique, 2011):

« *Le progrès technique ne suffira pas à résoudre les problèmes environnementaux auxquels nous sommes confrontés. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie, il ne représentera que la moitié de l'effort nécessaire pour atteindre nos objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour aller plus loin, nous devrons également modifier nos comportements*».

C'est pourquoi il apparait aujourd'hui essentiel de promouvoir et accompagner le développement des initiatives éco-innovantes et récompenser les entreprises les plus actives à ce niveau là, dans le but de les inciter à s'impliquer encore plus dans la cause environnementale.

Mais avant cela, la notion du Développement Durable est déjà posée par les experts du club de Rome chargés de dresser un inventaire des difficultés auxquelles font face les sociétés et qui publiaient en 1970 un rapport intitulé « Halte à la croissance », qui a connu un certain retentissement.

Face à la surexploitation des ressources naturelles due à la croissance économique et démographique, ce rapport prônait la croissance zéro. C'est dans ce contexte que s'est tenue la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement Humain (CNUEH) en 1972, qui s'interrogeait sur les conditions d'un modèle de développement compatible avec l'équité sociale et la protection de l'environnement. (INSEE), Institut Français de l'Environnement (IFEN, 2008).

En d'autres termes, le Développement Durable est un concept de développement économique visant à concilier développement économique et social avec le respect et la préservation de l'environnement, il peut être perçu comme un message destiné aux pays développés afin qu'ils participent à l'amélioration de l'état de l'environnement et la sauvegarde des ressources naturelles qui s'amenuisent l'année après l'année.

L'objectif du Développement Durable est d'atteindre un équilibre cohérent à long terme entre trois sphères : économique, sociale et environnementale. Il vise surtout une gestion rationnelle des différentes ressources : naturelles, humaines et économiques, il nous invite à consommer mieux aujourd'hui pour mieux vivre demain. Tous les acteurs sont impliqués dans ce développement et plusieurs accords ont vu le jour afin de faire face à l'urgence de la crise écologique. Parmi ces acteurs figurent : les Etats, les acteurs économiques, les citoyens, etc.

Selon la Commission Brundtland, ce développement est capable d'apporter des réponses et des solutions au changement climatique, à la raréfaction des ressources naturelles, au retard des pays pauvres par rapport aux pays développés, à la sécurité alimentaire, aux catastrophes naturelles et à la régression impressionnante de la biodiversité.

Pour atteindre ces objectifs le Développement Durable défend :

➢ Économiquement : la mise en place d'une coopération internationale indispensable pour la lutte contre la pauvreté, la modification des modes de production et de consommation et l'encouragement des échanges entre le Nord et le Sud à travers le commerce équitable[7]

➢ Écologiquement: la diminution des polluants atmosphériques rejetés dans les airs à travers le recours aux énergies renouvelables, la lutte contre la déforestation, la désertification et la sécheresse, l'encouragement de l'agriculture écologique et la protection des océans et de la biodiversité.

➢ Socialement: l'accès à la santé et à l'éducation pour tous, le combat de la pauvreté et de la marginalisation, le renforcement des actions sociales et humanitaires à travers les associations et les ONG et le combat de toute forme d'exploitation des enfants et des femmes.

En effet, l'environnement (les ressources naturelles) intervient (interviennent) aussi bien dans la consommation que dans la production. Dans la production, le facteur environnemental intervient pour accroître la quantité et/ou la qualité du produit final. Le lien fondamental entre économie et environnement résulte justement du fait que tout système de production se situe dans un environnement donné; lequel environnement offre certes des potentialités mais impose également des contraintes importantes.

[7] En 2001, quatre structures internationales de commerce équitable (FLO, IFAT, NEWS, EFTA) proposent une définition du commerce équitable : « Le commerce équitable est un partenariat commercial fondé sur le dialogue, la transparence et le respect, dont l'objectif est de parvenir à une plus grande équité dans le commerce mondial. Il contribue au développement durable en offrant de meilleures conditions commerciales et en garantissant les droits des producteurs et des travailleurs marginalisés, tout particulièrement au Sud de la planète. Les organisations du commerce équitable (soutenues par les consommateurs) s'engagent activement à soutenir les producteurs, à sensibiliser l'opinion et à mener campagne en faveur de changements dans les règles et pratiques du commerce international conventionnel».
http://fr.solecopedia.org/index.php?title=Commerce_équitable

0.2.2.1. Enjeux du développement durable

Le rapport Meadows (1972) (intitulé Halte à la croissance) attire l'attention sur l'inévitable épuisement des ressources naturelles et ses conséquences sur l'activité. La notion de développement durable apparait dans les années 1980 et est définie par le rapport Brundtland en 1987. Deux visions s'opposent derrière cette définition avec des conséquences différentes en matière de croissance :

- La première approche d'inspiration néoclassique fonde une soutenabilité faible exclusivement environnementale. Elle vise au niveau microéconomique à valoriser monétairement les éléments naturels afin de les analyser dans un calcul coûts-bénéfices. Au plan macroéconomique dans la lignée du modèle de Solow il s'agit de fournir des fondements théoriques à la relation vertueuse entre croissance et qualité environnementale. Il s'agit également de formuler une règle de soutenabilité assurant le maintien de la valeur par tête du stock total de capital de la société en postulant une parfaite substituabilité entre les différentes formes de capital (physique, humain, naturel).
- La seconde approche dite forte intègre en plus de la dimension environnementale une dimension sociale et économique. Elle est associée au maintien d'un stock de capital naturel dit critique et rejette le principe de la substituabilité des facteurs au profit de leur complémentarité. Elle s'oppose à la valorisation monétaire des éléments naturels. Elle peut déboucher sur l'idée de décroissance.

0.3. Question de la recherche

Les questions relatives à la valorisation des ressources naturelles n'ont pas été examinées dans le cas du Burundi, de façon générale, comme dans le cadre de systèmes d'élevage bovin en particulier. La question fondamentale à laquelle il faut répondre et qui oriente cette recherche, est la suivante: sachant qu'il existe des problèmes de gestion de l'environnement (ressources naturelles pour notre recherche), en partie inhérent aux structures de production des systèmes d'élevage bovin, quelles en sont les conséquences sur l'économie de cet élevage (élevage bovin) et comment les mesurer?

Cette question générale, appelle des questions plus précises car on ne connaît pas bien le comportement des fonctions de demandes d'intrants et d'offres des produits d'animaux suite aux variations pluviométriques et la réduction des pâturages ni les réactions d'adaptation des exploitations d'éleveurs de bovin à ces changements.

Il est alors important de les connaître car ce sont les conditions de production (utilisation des ressources naturelles comme intrants) qui déterminent la dégradation ou la préservation de l'environnement.

Aussi, on cherche à répondre aux questions spécifiques suivantes:

1. Les variations quantitatives des intrants naturels sont-elles de nature à modifier les combinaisons de facteurs de production en incitant à une plus grande utilisation des substituts disponibles tels que les sous-produits agricoles et/ou les sous-produits agro-industriels?
2. Quel est l'effet de ces variations sur les demandes d'intrants et/ou les offres de bétail des éleveurs périurbains ?

Telles sont les questions spécifiques auxquelles l'on s'attelle à répondre. Les réponses à celles-ci permettront d'atteindre les objectifs de l'étude.

0.4. Objectifs de la recherche

Cette étude vise comme objectif principal l'évaluation des variations quantitatives des actifs environnementaux utilisés comme facteurs de production sur la rentabilité (les performances) des éleveurs bovins périurbains.

A cet objectif principal s'ajoutent deux autres objectifs spécifiques suivants:

1. Dériver des indicateurs ou paramètres du comportement d'adaptation des exploitations pastorales bovines suite aux changements quantitatifs des actifs naturels.

2. Identifier les déterminants des demandes d'intrants et d'offre de produits dans les systèmes d'élevage bovin en vue d'apprécier le rôle des actifs naturels utilisés comme facteurs de production.

Les résultats issus de l'analyse de ces questions pourront conduire à des politiques axées sur une gestion optimale de la demande d'actifs naturels dans la perspective d'un développement durable. Par ailleurs, l'analyse des possibilités de substitution entre intrants modernes (SPAI) et sous-produits agricoles (soumis aux aléas climatiques) peut ouvrir des perspectives pour une dynamisation des systèmes d'élevage bovin.

0.5. Hypothèse de la recherche

Cette étude s'appuie sur deux hypothèses de base dites nulles auxquelles s'ajoutent deux autres dites alternatives. Elles sont relatives au comportement adaptatif des éleveurs et à l'impact des variations environnementales sur les demandes d'intrants et les offres d'animaux (substituabilité et utilisation des intrants).

H0 : La raréfaction des ressources naturelles favorise l'utilisation des sous-produits agricoles et sous-produits agro-industriels dans les systèmes d'élevage bovin. Une réduction des pâturages devrait être suivie d'une forte demande d'intrants autres que les facteurs naturels.

H1 : Les éleveurs bovins restent indifférents à la raréfaction des ressources naturelles.

H2 : Les sous-produits agricoles (les pailles du riz, les fanes de patate douce et les tiges de maïs) et les sous-produits agro-industriels (son de riz, tourteaux/palmiste, mélasse, sel, son de maïs…) sont des biens parfaitement substituables.

H3 : Les sous-produits agricoles et les sous-produits agro-industriels ne sont pas des biens parfaitement substituables.

0.6. Intérêt et justification du sujet de la recherche

On peut affirmer sans risque de se tromper que l'élevage bovin connaît des contraintes sérieuses qui risquent même d'affecter son efficacité. Pour certains auteurs (Bonfiglioli et *al.*, 1994), l'élevage africain serait à la « croisée des chemins ». Pour d'autres, il serait inefficace au point de dégrader sérieusement l'environnement.

En particulier, Motel (1993) remarque que si l'offre de produits agricoles des pays au Sud du Sahara a fait l'objet de nombreuses études théoriques et empiriques, l'offre de produits du bétail est relativement négligée. Si cette observation est vraie pour l'offre de produits du bétail, elle l'est encore plus pour les recherches économiques sur l'utilisation des actifs environnementaux comme facteurs de production dans les systèmes d'élevage.

En effet, les études de nature économique sur la valorisation des actifs naturels dans les systèmes d'élevage bovin sont quasi inexistantes. Si elles ont porté sur l'élevage, ces études se sont limitées à une évaluation sommaire des contributions de l'élevage à l'économie nationale, sans fournir aux décideurs des indicateurs sur la capacité d'adaptation des éleveurs ou pasteurs en réponse aux variations quantitatives des principaux facteurs de production (pâturages, eau) qui affectent leur bien-être.

0.7. Délimitation de la recherche

L'économie burundaise repose sur le secteur primaire, une situation qui est significative de la grande consommation d'espaces et de biens environnementaux (eau, forêt, sol, minerais,...).

Pour mieux délimiter le champ de la recherche, l'étude comprend deux sections. La première traite de la problématique du développement durable en général et présente le contexte de la production animale.

La deuxième section fait une revue de littérature en insistant sur les controverses relatives aux relations entre les activités pastorales et la gestion de l'environnement d'une part, les relations conflictuelles et de complémentarité qui existent entre l'élevage et l'agriculture d'autre part. En effet, les études de nature économique sur la valorisation des actifs naturels dans les systèmes d'élevage bovin ne sont pas beaucoup développées.

CHAPITRE I. ACCEPTATION DES RESSOURCES NATURELLES: MOTEUR DE L'ECONOMIE, ECOSYSTEMES PRAIRIAUX, CHANGEMENT CLIMATIQUE ET INCIDENCE DES EVENEMENTS EXTREMES

I.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue la définition du concept des ressources naturelles et les acceptations des différents économistes montrant que les ressources naturelles sont le moteur de l'économie, la conception de la Science Economique écosystèmes prairiaux, changement climatique et incidence des évènements extrêmes sur les systemes d'elevages bovin le système fourrager.

I.2. Définition et typologie du concept ressource naturelle

De manière générale, une **ressource naturelle** est une substance, un organisme, un milieu ou un objet présent dans la nature et qui est la plupart du temps utilisé pour satisfaire les besoins (énergies, alimentation, constructions, aménagements du territoire, etc.) des humains, animaux ou végétaux.

Il peut s'agir :

- D'une **matière première minérale** (par exemple : l'eau douce, les roches, les minerais métalliques, etc.)
- D'un **produit d'origine biologique**, **sauvage ou non** (ex.: le bois, le poisson, etc.) ;
- D'un **milieu naturel**, comme le sol qui permet les cultures
- D'une **matière fossile** (comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel, la lignite ou la tourbe qui ont une origine organique) ;
- D'une **source d'énergie** (énergie solaire, énergie éolienne...).

I.2.1. Ressources naturelles : moteur de l'économie

En économie, il existe différentes acceptations du concept de la pertinence des ressources naturelles pour la croissance économique. En effet, pour les physiocrates du 18ème siècle et en particulier dans le tableau économique de Quesnay, il n'y a de richesse que la terre qui, seule est productive de valeur donc d'un supplément net de revenu. Pour Adam Smith, la richesse des nations est constituée par un flux qui pourrait être assimilé au Revenu National produit pendant une période ou plus exactement « par les biens de consommation annuellement reproduits par le travail de la société ».

Pour Malthus (1931), les obstacles majeurs à la croissance se trouvent dans les limitations des moyens de subsistance définis comme l'offre minimum des denrées nécessaires à l'existence biologique. Chez Ricardo est développée l'idée que la rareté des ressources naturelles est à l'origine de la fin de la croissance économique. La rente agricole, liée à la différence de fertilité des sols successivement mis en valeur, participe à la création de valeur, et également à sa répartition.

Plus généralement, si l'on se réfère aux écrits récents de Sraffa (1975), l'accent est mis sur l'articulation entre des biens fondamentaux et des biens non fondamentaux pour expliquer que seuls les biens fondamentaux, qui entrent directement ou indirectement dans la production des autres biens, ont un rôle à jouer dans la détermination du produit net de l'économie.

Pour Malthus (1931), les limites à la croissance tiennent au coût d'utilisation des ressources que peut supporter une société. Pour les ricardiens, il n'existe pas de limites absolues à la rareté des ressources mais seulement des limites relatives liées à l'élévation croissante des coûts d'extraction et de mise à disposition des ressources. L'analyse économique actuelle et en particulier néo-classique a recours à la notion de « facteur de production ou d'input défini comme tout bien ou service utilisé pour obtenir une production » (Begg, 1991).

En effet, selon le Rapport Meadows « Halte à la croissance », commandité par le Club de Rome (1972) qui tirait la sonnette d'alarme face aux périls que faisait encourir à l'humanité, « le paradigme de la croissance exponentielle », le diagnostic des experts écologiques est aujourd'hui assuré : il y a surexploitation des milieux naturels. Ces derniers renvoient d'abord au substrat physique, chimique et biologique, sur lequel se déroule l'activité des hommes (sol, air, eaux…) qui d'ailleurs, n'est pas forcément inerte, mais sujet à des évolutions plus ou moins longues (érosion du sol) et est intégré dans des cycles complexes (cycle de l'eau, du carbone, de l'azote. Ces écosystèmes peuvent être vierges ou plus fréquemment aménagés par l'homme (champs cultivés).

I.3. Conception de la Science Economique avec l'environnement

La conception que la Science Economique a eu de sa relation avec l'environnement a évolué au cours du temps, selon le développement de cette science. Les physiocrates considéraient l'agriculture comme l'élément moteur de la «sphère économique». Pour ces derniers, cette activité est très rentable en ce qu'elle permet la reproduction de tout le système économique et fait également la puissance de l'Etat.

Soucieux de garantir l'ordre naturel, ils préconisaient des politiques « d'avances » pour garantir la pérennité de toutes les ressources productives (naturelles surtout). Mais cette relation fondamentale entre économie et environnement va être rejetée par certains économistes classiques.

Pour Say[8], les richesses naturelles sont inépuisables ; elles sont acquises gratuitement et par conséquent ne sont pas l'objet de la science économique. En quelque sorte, on admettait que l'homme pouvait utiliser à sa guise le « don gratuit de la nature » (Boussard, 1992).

Cependant, Malthus (1931), déjà au XIX^{ème} siècle, disait en substance qu'au banquet de la nature, il n'y avait point de place pour celui qui n'y était pas convié. Il voulait signifier par là que la nature (de façon générale l'environnement) offre de nombreux et multiples produits et services mais admet également des limites objectives au-delà desquelles les activités productives, et même la vie pourraient être compromises.

Cet auteur soulignait déjà le problème très actuel de l'adéquation entre les potentialités limitées de l'environnement et les besoins sans cesse croissants en biens d'environnement d'une population humaine et animale en croissance exponentielle.

I.4. Ecosystèmes prairiaux

De manière générale, un écosystème peut se définir comme une communauté biologique caractéristique d'une aire géographique et/ou physique donnée, composée d'être vivants échangeant de la matière et de l'énergie, et en interaction avec l'environnement physique (i .e. avec les facteurs abiotiques). Les écosystèmes prairiaux, objets de notre étude, sont formés de plusieurs composantes, en interaction entre elles et avec leur environnement : un couvert herbacé (la prairie), un sol et éventuellement des herbivores. Ces écosystèmes dont le fonctionnement est intimement lié aux activités agricoles sont souvent désignés sous le nom d'« agro-écosystèmes » (Bryant et Snow, 2008), si bien que l'homme peut y être intégré comme composante supplémentaire.

Les écosystèmes prairiaux peuvent donc être appréhendés à différentes échelles, par exemple de la prairie au système d'élevage, en passant par le système fourrager.

[8] Cité par Passet (1990) dans l'Encyclopédie Economique, Economica, Paris 1990

I.4.1. Prairies : Définitions

Hormis dans les alpages et dans les zones humides, peu de prairies sont naturelles (formations primaires), l'homme participant depuis longtemps à leur entretien par ses activités de fauches et de pâturage (Huygue, 2009b), sans lesquelles les prairies retourneraient à l'état de friches puis de forêts (développement climacique[9]). Les prairies correspondent à des formations mono ou plurispécifiques, généralement composées majoritairement de graminées, mais aussi de légumineuses et/ou dicotylédones. La gestion des prairies par l'homme a fait émerger plusieurs définitions de la prairie, importantes dans le cadre de cette étude.

On distingue :

- les **prairies permanentes ou surfaces toujours en herbes (STH)**, qui désignent communément des prairies plurispécifiques semées depuis un, cinq ou six ans, voire engazonnées naturellement (prairies naturelles). Ce nombre d'années ne fait pas consensus. Dans le cadre de la politique agricole commune (PAC), les prairies permanentes sont définies depuis 2005, comme des surfaces consacrées à la production d'herbe et d'autres plantes fourragères, en place depuis cinq ans au moins. Alors que les statistiques françaises considèrent comme permanents les couverts âgés de six ans au minimum. Et pour certains agronomes, ces prairies n'acquièrent leur caractère « permanent » que plus tardivement,
- les **prairies temporaires et artificielles**, qui rassemblent a contrario des prairies semées et généralement retournées (labour), rentrant généralement dans un système d'assolement. Ces prairies peuvent également être implantées par semis direct.

Ces deux types de prairie se distinguent par leur composition botanique: les **prairies artificielles** présentent une flore limitée à quelques espèces excellentes d'un point de vue fourrager. Ces prairies sont généralement dominées par les légumineuses (supérieure 80%). Il s'agit par exemple de prairies de trèfle, de sainfoin, de luzerne etc. ; les **prairies temporaires** correspondent à des couverts de graminées pures ou en mélange avec des légumineuses fourragères.

[9] Succession écologique d'états aboutissant une végétation en équilibre avec son milieu.

I.4.1.1. Modes de conduite

Par les caractéristiques biologiques des espèces qui les composent, l'importance des surfaces concernées et leur filière de production, les prairies assurent différentes fonctions ou services, envers l'agriculture et la société (Hopkins et Holz, 2006 ; Lemaire et *al.*, 2005 ; Huygue, 2008 ; 2009a). Au premier rang figure la fourniture de fourrages, qui contribue à l'alimentation des ruminants domestiques, produisant eux-mêmes le lait et la viande que nous consommons (Huygue, 2008). Les modes de conduite des prairies (modes de récolte et de fertilisation), varient d'une région à l'autre selon les conditions climatiques, le potentiel agronomique des sols et le type de prairies, permanentes ou temporaires.

I.4.1.2. Exploitation de la production d'herbe

Les prairies sont non seulement pâturées, mais aussi fauchées afin de constituer des stocks de fourrages conservés qui assureront en partie l'alimentation des animaux à l'étable et éventuellement à la pâture en complément de l'herbe pâturée. Trois voies de conservation de l'herbe fauchée sont employées :

(i) la **voie sèche**, où l'herbe fauchée est séchée au sol ou préfanée puis séchée en grange pour la constitution de foin ;

(ii) la **voie humide**, où l'herbe fauchée est stockée sous forme d'ensilage d'herbe. Cette voie de conservation des fourrages s'est particulièrement développée ces 50 dernières années car elle permet de constituer rapidement des stocks, directement à partir de fourrages verts hachés, et ce potentiellement, sans fanage préalable (Huygue, 2009b) ;

(iii) une **voie intermédiaire** entre les voies sèche et humide pour la constitution de fourrages enrubannés (entourés de films plastiques) conservés à l'abri de l'air. Cette voie autorise un temps de séchage au sol court et produit des fourrages de grande qualité, et convient notamment aux légumineuses fourragères difficiles à ensiler à des teneurs en eau élevées. Les modes de conservation des fourrages ont un impact considérable sur la valeur alimentaire de ces derniers, l'herbe pâturée et le foin ventilé en grange offrant l'assurance d'une bonne qualité (Baumont et *al.*, 2009). Ces modes d'exploitation peuvent être combinés au cours de l'année sur une même prairie.

I.4.1.3. Fertilisation

La fertilisation azotée, élément majeur de la croissance des espèces prairiales, permet de gérer la production d'herbe pour adapter l'offre aux besoins animaux et influence la qualité de l'herbe et des fourrages conservés.

Lorsque les apports augmentent, la teneur en matières azotées totales tend en effet à augmenter alors que la digestibilité de la matière organique tend à diminuer, du fait de l'accumulation de matière sèche (Protin et *al.,* 2009). Les éleveurs apportent des amendements sous forme minérale et/ou organique, et peuvent également jouer sur la fixation symbiotique d'azote atmosphérique par les légumineuses pour contribuer aux besoins en azote de leurs prairies. Pour se développer la prairie a également besoin de deux autres éléments minéraux essentiels : le phosphore et la potasse. Comme l'azote, ces éléments sont disponibles naturellement dans le sol ou apportés par les engrais.

En résumé, les prairies temporaires sont en général exploitées de manière plus intensive que les prairies permanentes. Elles sont en proportion plus nombreuses à recevoir de l'azote sous forme minérale et les doses à l'hectare sous plus élevées que les prairies permanentes (ou artificielles), et ce, quel que soit le mode de récolte de l'herbe au cours de l'année. Le nombre de coupes effectué à l'année est en moyenne plus élevé et surtout, les prairies temporaires offrent un rendement moyen largement supérieur à celui des prairies permanentes. Dans le cas des prairies permanentes comme des prairies temporaires, la majorité des coupes est destinée à la production de foin.

I.4.2. Place de l'herbe dans l'alimentation des bovins

Le pâturage, s'il est bien conduit, peut permettre une production d'herbe intéressante en quantité et en qualité. L'herbe pâturée est en effet un fourrage de valeur alimentaire élevée, assez bien équilibrée en énergie et en azote (en moyenne 0.90 UFL par UEL et 100g PDIE par UFL) (Delaby et Peyraud, 2009).

Depuis 1980, la composition de la ration des vaches laitières a évolué avec l'augmentation des performances animales, par un accroissement de la part de fourrages conservés et de concentrés aux dépens de la part de pâturage. Cette diminution de la part des prairies dans la ration des vaches laitières est aussi à relier avec une volonté de réduire la charge de travail et d'augmenter la sécurité sur la ressource fourragère disponible.

En comparaison aux vaches laitières, la ration fourragère des troupeaux allaitants comprend une part plus importante de prairies pérennes pâturées et en particulier de prairies permanentes.

Bien que les pratiques soient hétérogènes d'une exploitation à l'autre, le pâturage représente globalement une place deux fois plus importante dans l'alimentation des troupeaux allaitants que dans celle des troupeaux laitiers (Normand, 2006).

L'ensemble des surfaces destinées à l'alimentation des animaux (prairies permanentes, temporaires et artificielles, cultures fourragères) définissent la surface fourragère principale (SFP). Ce sont l'ensemble de ces surfaces qui contribuent au système fourrager. La figure1 indique l'influence des intrants,des actes technique sur les états des ressouces (stocks pature), actes techniques sur le troupeau qui modifient l'état des performances des animaux.

I.4.3. Système fourrager

Initialement défini comme l'ensemble organisé de moyens destinés à produire des fourrages, le système fourrager tend à évoluer vers une notion plus dynamique, à savoir un « ensemble d'informations et de décisions visant à équilibrer les besoins et les ressources en fourrages en vue de répondre à un objectif de production dans un cadre de contraintes donné » (comme le contexte climatique, les prix des productions agricoles, etc.) (Moreau et al., 2010). La difficulté réside donc dans la nécessité de gérer un ensemble de surfaces de façon à disposer en permanence, et à moindre coût, d'une ressource alimentaire suffisante pour les animaux.

Ce système fourrager peut être représenté par un ensemble structuré en entités de gestion appelées ateliers de productions (Coléno et Duru, 1998). Les ateliers correspondent aux tâches et aux savoir-faire concourant à l'élaboration d'un ou plusieurs aliments et services, chacun correspondant à des logiques de production et à des temporalités différentes (Coléno, 2002).

Le système fourrager comprend ainsi des ateliers « troupeau » qui transforme les ressources fourragères en lait et/ou en viande, et des ateliers « fourragers » (pâtures ou stocks de fourrages conservés) qui produisent à partir des terres et des intrants les aliments destinés au troupeau.

La figure 1qui suit indique la représentation schématique du système fourrager. Elle met en évidence les facteurs conditionnant les flux et les états. Elle montre que le climat est un élément essentiel pour la production des systèmes d'élevage bovin. Le climat influence l'état des ressources (stock de pâtures) incontournable pour l'élevage bovin.

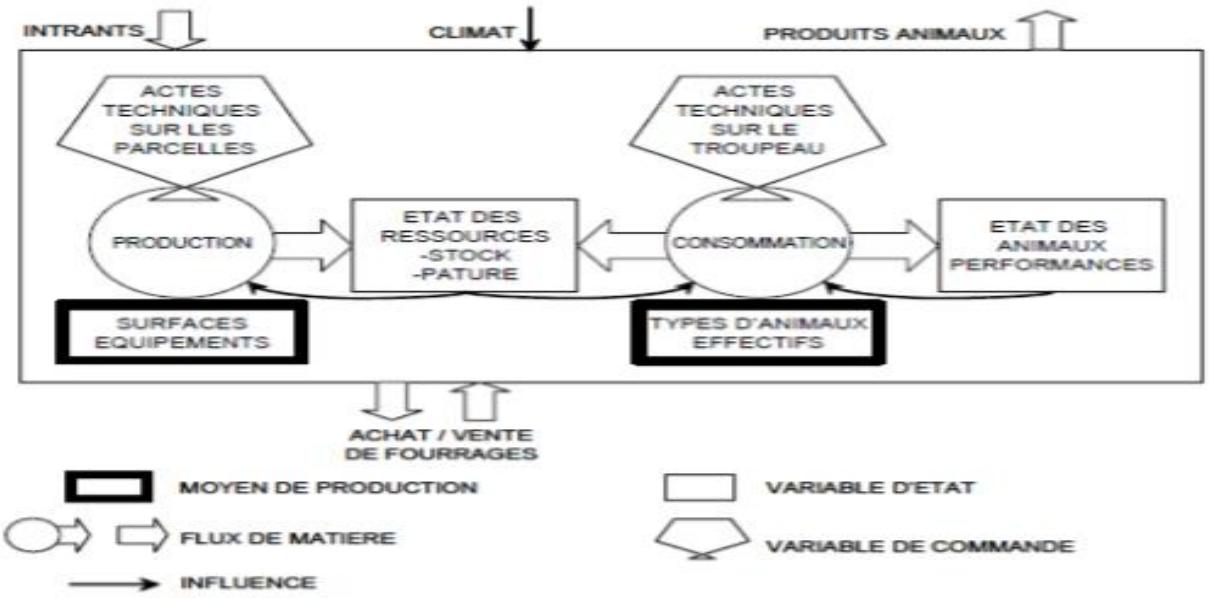


Figure 1. Représentation schématique du système fourrager

Source : ***Adapté de Duru et al. (1988) par Martin (2009)***

La figure 2 qui suit indique la représentation schématique d'ateliers de production. Les rectangles faisant apparaître les composantes de gestion (dimensionnement, coordination, ordonnancement) analysées à l'interface entre les stratégies de production et le fonctionnement biophysique des écosystèmes prairiaux.

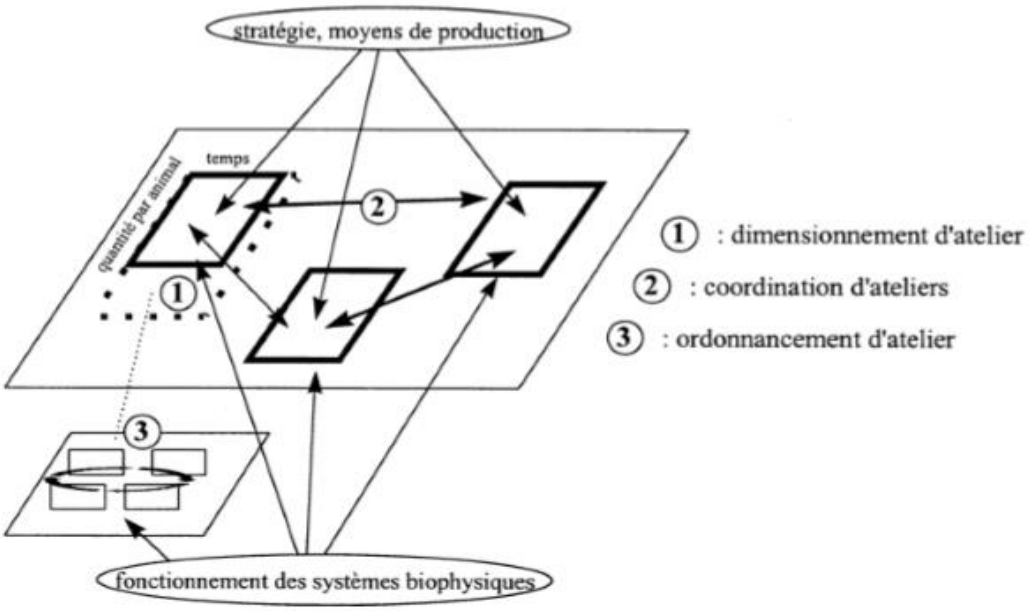


Figure 2: Représentation schématique d'ateliers de production

Source : *Coléno et Duru (1988)*

- le **dimensionnement** des ateliers de production, qui détermine pour chaque atelier sa période calendaire, sa durée, ainsi que les quantités de ressources à lui allouer (intrants, surfaces etc.); par exemple : le dimensionnement des ateliers fauches et pâture,
- la **coordination** entre ateliers de production, qui permet de gérer les enchaînements des différentes ressources fourragères au cours du temps au sein d'une campagne et entre campagnes, et d'éviter des excès ou manques de ressources ou des compétitions pour les ressources entre les différents ateliers ; par exemple : la création de stocks de fourrages à partir des ateliers fourragers pour subvenir aux besoins du troupeau à l'étable,
- l'**ordonnancement** qui correspond à l'organisation de la succession des tâches au sein d'un atelier ; par exemple, l'ordre d'utilisation des parcelles pour la fauche ou le pâturage en fonction de la portance des sols et de la production de biomasse,
- la **mise en œuvre des interventions** sur les cultures ou sur le troupeau, par exemple, la fertilisation des parcelles fauchées ou l'insémination des femelles du troupeau.

C'est la conjugaison de cet ensemble de règles qui régit le système fourrager.

I.5. Concepts des systèmes d'élevage

I.5.1. Typologie des systèmes d'élevage

Le système d'élevage peut être perçu comme un sous-système des systèmes de production ou du système productif. Sa définition n'est pas unique compte tenu de la complexité de la réalité qu'il veut traduire. Les deux définitions suivantes semblent rendre mieux compte du contenu du concept de système d'élevage tel que perçu dans cette étude.

Selon Lhoste (2001), « La combinaison des ressources, des espèces animales et des techniques et pratiques mises en œuvre par une communauté ou par un éleveur, pour satisfaire ses besoins en valorisant des ressources naturelles par des animaux ».

Le système d'élevage est représenté par trois pôles : l'homme, les animaux, les ressources, qui ont fait l'objet de descriptions détaillées par Lhoste (1984).

Autrement dit, un système d'élevage est un modèle construit pour orienter les actions destinées à transformer le réel en fonction d'objectifs précis. Il s'ensuit que le système d'élevage se présente comme un système « piloté » dont les invariants sont l'homme, l'animal et ses productions, les ressources mises en jeu.

Dans la pratique, plusieurs facteurs ou variables interviennent pour la construction d'une typologie des systèmes d'élevage extensif (Daget et Gordon, 1995). On distingue généralement eux grandes catégories:

- D'une part, il y a une typologie selon le mode de production ou les facteurs de production qui sont mis en œuvre. On oppose alors l'élevage extensif, très peu productif, à l'élevage intensif qui relève de moyens modernes de production, ou d'une combinaison « acceptable » des stratégies de l'élevage extensif et de l'élevage intensif (semi-intensif).
- D'autre part, il existe une typologie basée sur le mouvement des troupeaux. Cette classification distingue les éleveurs sédentaires, les nomades et les transhumants, selon que les producteurs sont installés en un lieu fixe avec leurs animaux ou mènent des mouvements de petites ou grandes amplitudes pour pallier les insuffisances (ou manque) en eau ou en pâturages naturels.

Une autre distinction qui se rattache aux critères de la dernière typologie est celle qui considère l'élevage villageois[10] (mené par les agriculteurs).

Les facteurs déterminants, dans ce cas, sont alors les caractéristiques du groupe humain qui mène l'activité. Dans la grande majorité des cas, les cultivateurs pratiquent l'élevage comme une activité secondaire.

I.5.2. Système d'élevage

Le système fourrager constitue la base du fonctionnement des systèmes d'élevage de bovins allaitants et laitiers et de viandes, auquel nous nous intéressons dans le cadre de cette étude. Le système d'élevage est défini par le triptyque « éleveur (son projet, ses décisions), troupeau (ensemble des animaux) qui produit et se reproduit, ressources (fourrages, main d'œuvre, matériel, terres)» (Landais, 1987 ; Gibon et *al.*, 1996). C'est un système complexe, piloté, qui combine les décisions humaines finalisées par un projet et les fonctionnements biologiques des animaux et des végétaux.

Pour raisonner la planification et le pilotage de son système d'élevage, l'éleveur doit prendre en considération les contraintes internes ou externes ou aléas multiples, notamment climatiques (Andrieu et *al.*, 2004).

Après l'abolition de la transhumance et suite à la réduction des espaces pâturables, le Burundi offre deux systèmes d'élevage de bovins (système d'élevage extensif qui cède progressivement la place aux systèmes intensifs) sous 2 formes :

- L'intégration agro-Sylvo-Zootechnique (IASZ)

[10] On peut mettre dans cette catégorie les systèmes agro-pastoraux et tous les autres systèmes d'élevage qui sont des processus vers l'intensification.

- La stabulation semi et permanente

I.5.3. Système de production de l'élevage bovin

Une exploitation d'élevage est un ensemble complexe où l'éleveur met en œuvre des moyens économiques (terre, capital, travail) et des techniques dans un système de production donné (caractérisé par le mode d'utilisation du sol et de conduite du cheptel), en vue de satisfaire un projet global (revenu, mode de vie, conditions de travail, développement patrimonial) qui évolue dans le temps avec l'âge, les perspectives successorales et les possibilités de ressources non agricoles du ménage, ceci compte tenu des informations qu'il peut avoir et de l'évolution de l'environnement social, économique, commercial, juridique, fiscal et politique.

En particulier, les mesures d'orientation politique (soutien des marchés, aides socio-structurelles et autres) ont une influence de plus en plus déterminante sur les décisions et le comportement des éleveurs.

I.5.4. Effets d'un réchauffement sur la production fourragère

Chez les graminées, la croissance foliaire repose sur la vitesse d'apparition des feuilles successives sur les talles[11], ainsi que sur la vitesse d'élongation et de sénescence des feuilles ; et la colonisation du milieu se fait par tallage[12]. Dans les conditions naturelles de la période du début printemps (qui correspond à la période de début la saison pluvieuse au Burundi), Lemaire (1987) a montré que la réponse de l'élongation foliaire à la température était de nature exponentielle.

L'accélération de l'élongation foliaire est liée au passage des apex du stade végétatif au stade reproducteur. La date à laquelle cette accélération se produit est fonction de la vernalisation[13] des talles et est variable selon le génotype considéré. Cette accélération de l'élongation foliaire s'accompagne d'une augmentation de la capacité photosynthétique des feuilles.

Alors que la réponse de la vitesse d'apparition des feuilles à la température reste inchangée, cette accélération se traduit par une augmentation importante de la taille (et donc de la surface) des feuilles.

[11] Selon Gillet (1979), une talle se définit comme un « empilement de segments de tiges portant une feuille, un bourgeon et une couronne de racines adventives ». Chaque talle constitue un nouvel axe de ramification.
[12] Processus de ramification chez les Poacées (graminées) qui leur permet de produire de talles à partir de la plantule initiale assurant ainsi la formation d'une touffe dense.
[13] Accumulation de températures froides.

Conjuguée à l'augmentation de la densité de talles, cette augmentation de la surface foliaire contribue à une augmentation rapide de l'indice foliaire de la prairie, à une plus grande captation de l'énergie solaire et donc à une accélération de la production de matière sèche. A partir du mois de mai, c'est la quantité de rayonnement, et non les températures, qui devient le facteur limitant de la production de[14]matière sèche des prairies.

En été, la production est surtout limitée par la disponibilité des ressources en eau. Cependant les fortes températures peuvent aussi limiter la croissance des graminées. Les seuils de température au-delà desquels la croissance des différentes espèces est fortement ralentie ne sont pas déterminés avec précision du fait des interférences avec la sécheresse.

I.5.5. Système agraire

Un système agraire peut se définir comme « un mode d'exploitation du milieu historiquement constitué et durable, un système de force de production (un système technique) adapté aux conditions bioclimatiques d'un milieu donné et répondant aux conditions et aux besoins sociaux du moment[15]».

Un système agraire désigne le fonctionnement d'un type d'agriculture en lien avec une société humaine dans un environnement donné. La taille et la forme des parcelles, la répartition de la propriété foncière, le poids respectif des cultures et de l'élevage, le type d'irrigation, ou encore le choix des productions, sont des composantes du système agraire et résultent des séries de décisions collectives des sociétés qui l'ont mis en place et fait évoluer (et des rapports de force entre groupes sociaux).

Le bocage de l'Ouest de la France, la huerta méditerranéenne, la forêt-jardin tanzanienne et ougandaise, le *ranching* australien, sont des exemples de systèmes agraires. Le système agraire possède une unité propre. Il s'agit d'une construction sociale en fonction d'impératifs techniques et économiques de production.

Un système agraire regroupe plusieurs systèmes de production en cohérence avec ses grandes caractéristiques. A l'échelle territoriale, un système agraire peut aussi bien se définir pour un village que pour un continent selon le degré de précision choisi.

L'approche systémique consiste à considérer les caractéristiques, les origines et les dynamiques de ces différents systèmes dans leur ensemble ainsi que leurs interactions.

[14] Surface de feuille par unité de surface au sol.

[15] Mazoyer M.(1987), « Rapport de synthèse », Colloque Dynamique des systèmes agraires, Paris

I.5.6. Système de culture

Selon Sébillotte, un système de culture est l'ensemble de culture est « l'ensemble de modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitement de manière homogène. Chaque système de culture se définit selon :

- La nature de culture et leur ordre de succession et
- Les itinéraires techniques appliqués à ces cultures[16]».

L'itinéraire technique est la suite logique et ordonnée des opérations culturales effectuées pour conduire une culture, de la préparation du sol à la récolte.

Enfin, selon Jouve, un système de production est « un ensemble structuré de moyens de production combinés entre eux pour assurer une production végétale et/ou animale en vue de satisfaire les objectifs et besoins de l'exploitant et de sa famille[17]». Chaque système de production est en fait une combinaison spécifique de système de culture et de système d'élevage.

I.6. Incidence des évènements extrêmes

La sécheresse peut en effet engendrer une dégradation durable du couvert végétal (Briske et *al.*, 2005) et augmenter les besoins en fourrages pour nourrir le bétail pendant ces périodes où l'herbe pâturée devient insuffisante. Face à la sécheresse, les plantes ont développées des stratégies d'évitement et de tolérance au stress, variables suivant les espèces et le génotype considérés.

Par exemple, pour survivre à des épisodes de sécheresse sévère, la plupart des espèces prairiales pérennes témoignent d'une combinaison de réponses, incluant :

(i) une sénescence accélérée des tissus aériens matures permettant une diminution de la transpiration de surface des feuilles,
(ii) un développement de l'appareil racinaire en profondeur, autorisant un prélèvement d'eau à des potentiels hydriques faibles (Durand et *al.*, 2007) et un délai à la déshydratation,

[16] Sebillotte M.(1974, « Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des taches de l'agronome ». Cah Orstom (Sci Hum)

[17] JOUVE P. (1987), « Appui pédagogique a l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement ». Collection document systèmes agraires, CIRAD, n^{0}8. Montpellier

(iii) l'accumulation de sucres solubles et de déhydrines dans les tissus de base, incluant les bourgeons et les méristèmes, permettant de tolérer la déshydratation dans ces organes de survie (Volaire, 2002),

(iv) le développement de stolons et rhizomes par les espèces dites « traçantes » qui assurent un développement végétatif en situation de sécheresse (Jouany et *al.*, 2009) et enfin,

(v) une stratégie de dormance estivale, reconnue comme la plus efficace parmi les stratégies énoncées pour tolérer des conditions d'aridité sévère (Norton et *al.*, 2008, 2009).

L'ensemble de ces stratégies témoigne de la multiplicité des voies d'adaptation inter- et intra-spécifiques à la sécheresse. Les effets de la sécheresse portent également sur les interactions entre le couvert végétal et le sol. La sécheresse peut par exemple diminuer la biomasse microbienne des sols, conduisant à une accumulation continue de l'azote sous forme soluble et à une absorption racinaire élevée au retour des pluies (Lemaire et Denoix, 1987).

Les effets sur le long terme seront dépendants de la concentration atmosphérique en CO2 (Loiseau et Soussana, 2000 ; Pinay et *al.*, 2007) et pourraient inclure :

(i) des changements de la composition fonctionnelle des populations microbiennes (exemple nitrifiantes, dénitrifiantes) (Bernard et *al.*, 2006),

(ii) une accentuation des pertes en nutriments, et par conséquent,

(iii) des modifications des cycles biogéochimiques et de la capacité des sols à stocker du carbone.

En l'absence d'ajustements de leur gestion, ce contexte climatique, anticipé plus extrême et plus incertain, pourrait compromettre la viabilité économique des systèmes d'élevage (Thornton et *al.*, 2009).

L'expérience acquise des évènements extrêmes passés fournit déjà des pistes d'adaptation (Lemaire et Pflimlin, 2007).

Pour nourrir notre réflexion, il convient d'identifier où se trouvent les leviers de sécurisation de ces systèmes, c'est-à-dire à quel niveau ces systèmes peuvent faire preuve de souplesse face à l'aléa climatique.

I.6.1. Flexibilité des écosystèmes prairiaux face aux aléas climatiques

I.6.1. 1. Notion de flexibilité

La réponse adaptative des systèmes de production agricole aux perturbations peut suivre différentes trajectoires qualifiées de rigide, flexible, élastique ou encore plastique.

Alcaras et Lacroux (1999) proposent de définir ces quatre notions par l'aptitude de la perturbation à modifier la structure et/ou la finalité du système considéré. Ils définissent ainsi quatre types de systèmes suivant leurs modalités de réponse à une perturbation :

- Les **systèmes rigides**, incapables, sous l'action d'une contrainte, de modifier ni leur structure et ni leur finalité cette rigidité pouvant conduire à un point de rupture témoignant d'une perte partielle ou totale de fonctionnalité du système.
- Les **systèmes élastiques**, qui s'adaptent en modifiant transitoirement leur structure et leur finalité.
- Les **systèmes plastiques**, qui s'adaptent grâce à leur capacité à modifier leur structure et à se refinaliser sur un nouvel objectif.
- Les **systèmes flexibles**, qui s'adaptent grâce à leur double capacité à modifier durablement leur structure sans changer de finalité et inversement à viser un nouvel objectif sans altérer leur structure.

La flexibilité est le concept à adopter dans le cadre de l'étude de la capacité adaptative des systèmes d'élevage aux aléas, de manière à pouvoir étudier les différentes composantes de cette capacité et à les étudier sur le court et long terme (Dedieu et *al.*, 2008a). La flexibilité des systèmes d'élevage est à la fois : i) biologique, car reposant sur les propriétés des couverts prairiaux et des animaux d'élevage, et ii) décisionnelle, car ayant trait aux décisions et aux actions de l'éleveur.

La figure suivante (figure 3) montre les modalités des réponses d'un système à une perturbation. Dans cette figure, Ei représente l'état initial et Ef représente l'état final après perturbation

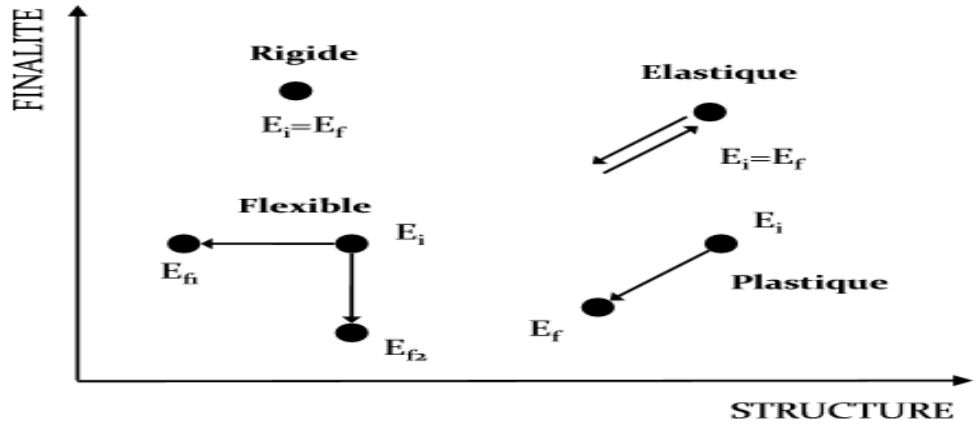


Figure 3: Modalités des réponses d'un système à une perturbation.

Source : ***Sauvant et Martin (2010)***

I.6.2. Flexibilité biologique

Ce sont les caractéristiques fonctionnelles du couvert qui confèrent à la gestion sa flexibilité, en définissant une gamme de régimes de défoliation, d'intensité d'exploitation et de fertilisation, qui détermine en retour la structure et la diversité fonctionnelle du couvert. Pour une prairie présentant une structure et une diversité fonctionnelle données, modifier occasionnellement les pratiques de gestion peut permettre de constituer une ressource alimentaire présentant des caractéristiques nutritionnelles différentes mais utiles pour la campagne en cours (Duru et *al.*, 2008). Ces modifications de la gestion doivent être réfléchies pour ne pas occasionner sur le long terme des changements majeurs ou difficilement réversibles de la structure des communautés prairiales.

L'étude de la flexibilité de la conduite des couverts prairiaux nécessite donc de considérer des échelles de temps longues (pluriannuelles). Les herbivores domestiques confèrent également une partie de sa flexibilité au système. En effet, en situation de contraintes, les potentiels adaptatifs des ruminants, qu'ils soient comportementaux ou physiologiques, accompagnent les décisions et les possibilités d'action de l'éleveur (Blanc et *al.*, 2008). Ce potentiel adaptatif des animaux est lié à leurs caractéristiques propres : race, sexe, parité[18], stade physiologique, état nutritionnel (Cournut, 2001).

[18] La parité d'une vache désigne le nombre de veaux que la vache a mis bas jusque-là. Une vache primipare est gestante de son premier veau ou n'a mis bas qu'un seul veau. Une vache multipare a déjà mis bas au moins deux veaux.

A titre d'exemple, l'aptitude des animaux, d'une part, à mobiliser leurs réserves corporelles en situation de restriction alimentaire modérée ou d'augmentation des besoins énergétiques, et d'autre part, à reconstituer leurs réserves avec le retour d'une alimentation suffisante et cela, sans pénalisation des performances, peut servir les objectifs de l'éleveur. L'élevage d'animaux adaptés à des conditions changeantes ou contraignantes constitue un réel enjeu de recherches finalisées visant à proposer des systèmes d'élevage pérenne et durables (Blanc et *al.*, 2008).

I.6.3. Flexibilité décisionnelle

La flexibilité décisionnelle renvoie aux décisions d'organisation du système fourrager et fait appel aux règles énoncées plus haut de dimensionnement, coordination, ordonnancement et mise en œuvre des interventions sur la végétation et le troupeau (Andrieu et al., 2008). Pour faire face aux contraintes qui pèsent sur son système, l'éleveur doit planifier, c'est-à-dire attribuer un objectif et des ressources à chaque atelier.

Il s'agit pour lui de se préparer à saisir des opportunités ou bien à se prémunir de situations jugées défavorables (Sébillote et Soler, 1990). Pour cela, il s'appuie sur les enseignements tirés des années passées (Coléno et Duru, 2005).

Il programme à la fois les décisions générales correspondant au déroulement souhaité des opérations et les adaptations planifiées ou solutions de rechange (surfaces de sécurité, distribution de stocks au pâturage) permettant de faire face si nécessaire aux variations de l'environnement et notamment du climat (Coléno et Duru, 1999).

Pour le dimensionnement, planifier signifie pour l'éleveur de choisir les surfaces de bases (Bellon et *al.*, 1999) qui seront affectées de façon prioritaire aux différents ateliers, et de garder des parcelles sans préaffectation définitive comme surfaces de sécurité (Guérin et Bellon, 1990), de façon à s'adapter aux conditions particulières de l'année. En cours de campagne, l'éleveur va devoir mettre en adéquation ses adaptations planifiées avec la gestion courante du système afin de répondre au mieux à ses objectifs stratégiques. C'est le concept de pilotage.

Ce pilotage sera plus ou moins complexe en fonction du nombre d'adaptations planifiées par l'éleveur. Cette grille de lecture du système fourrager (règles, décisions générales, adaptation planifiées, pilotage) est un outil précieux pour l'analyse des modes de gestion et la comparaison des systèmes fourragers et des systèmes d'élevage dans une plus large mesure (Andrieu et *al.*, 2008).

La figure suivante (figure 4) distingue les facteurs configurant, limitant et réducteurs et leurs effets sur la production animale. Cette distinction met en lumière le fait que certains S.E sont des facteurs de production au même titre que les intrants anthropiques, bien qu'ils soient de nature différente. Les S.E (Services Ecosystemiques) « intrants » permettent de réduire les facteurs limitant et contrôler les facteurs réducteurs (limiting and reducing factors) c'est-à-dire les S.E de régulation des cycles des nutriments, de l'eau et de la structure du sol et les SE de régulations biologiques (la pollinisation) (Bommarco et *al.*, 2013).

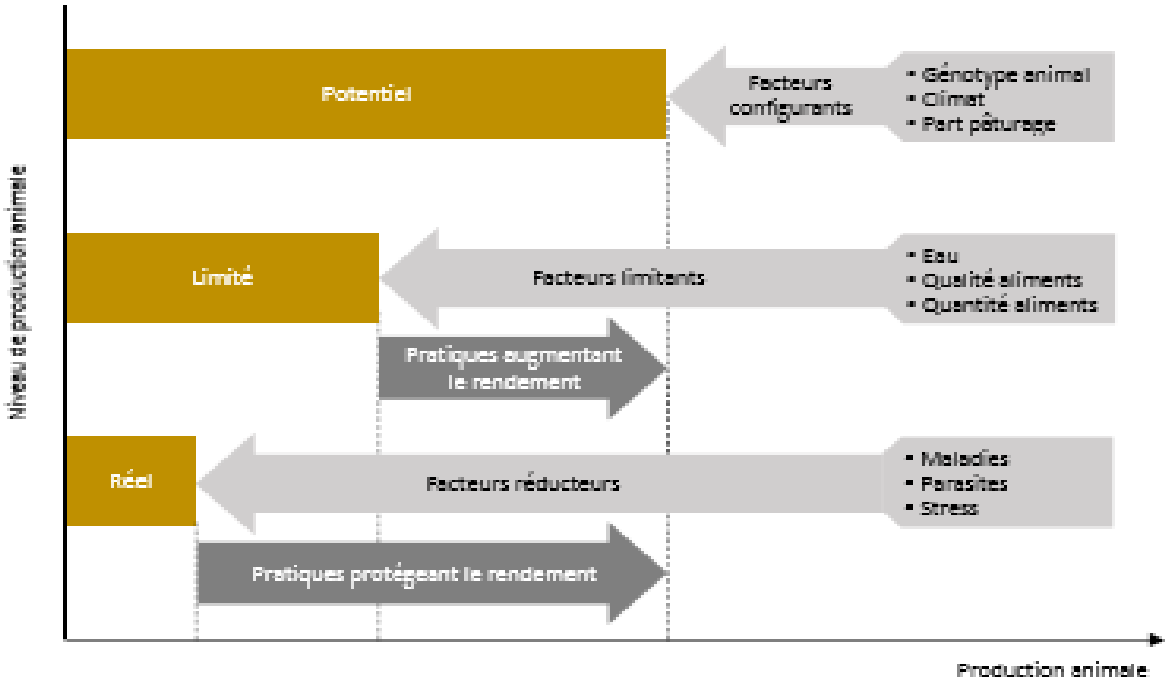


Figure 4: Les facteurs configurant, limitant et réducteurs et leurs effets sur la production animale

Source : *Ittersum et Rabbinge (1997) et Van der Linden et al. (2015)*

I.7. Evolution, stratégies d'alimentation et tendances actuelles des élevages bovins au Burundi

Au cours des trois dernières décennies, l'alimentation des bovins est devenue la principale contrainte après la maîtrise des épizooties.

Au Burundi, comme dans la plupart des pays au sud du Sahara, l'alimentation constitue aujourd'hui une des principales contraintes des productions bovines. Cette alimentation est surtout fondée sur le pâturage naturel de végétation spontanée et de résidus de cultures.

La production laitière permise par l'élevage sur les pâturages est très fortement conditionnée par la disponibilité saisonnière et la valeur nutritive des fourrages.

Dans les vignt dernières années, l'élevage bovin n'a cessé d'augmenter malgré sa faible production. Au Burundi, l'effectif de bovins est passé de 386.108 têtes de bovins en 1998 à 1.044.649 têtes de bovins en 2017[19].

Les zones de parcours de végétation spontanée ont connu une dégradation sans précédent suite aux sècheresses des dernières décennies avec, en conséquence, une descente des animaux au centre vers la plaine de l'Imbo. Pour faire face à la croissance démographique, l'extension des cultures grâce à la culture attelée, la mise en valeur des bas-fonds et des plaines inondables (riziculture, culture de contre saison) ont réduit fortement l'espace pastoral.

Parallèlement, les effectifs du cheptel enregistrent les taux de croissance les plus élevés (épargne des revenus agricoles, sédentarisation des pasteurs transhumants), entraînant un surpâturage et une faible productivité du cheptel. La raréfaction des ressources pastorales amène les éleveurs à adopter de nouvelles pratiques et stratégies d'alimentation de leurs troupeaux.

Au-delà des contraintes agro-écologiques, l'environnement socioéconomique (croissance démographique, urbanisation) a beaucoup contribué à l'évolution du secteur agricole. Le développement du marché urbain, l'appui technique, la naissance du marché de fourrage à Buringa et à Maramvya, l'installation d'unités de transformation d'aliments, la création de laiteries sont les opportunités ayant favorisé l'adoption de nouvelles pratiques d'alimentation du bétail.

[19] ENAB (Enquête Nationale Agricole du Burundi), 2016-2017

CHAPITRE II. RELATIONS DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE ET L'ENVIRONNEMENT

Les relations entre l'élevage et l'environnement sont ambivalentes. Ce sont des relations fortes controversées à cause de leur complexité d'une part, et d'autre part parce que l'élevage partage pratiquement les mêmes ressources environnementales, du moins la plus importante qu'est l'espace, avec l'agriculture. Aussi, l'élevage et l'agriculture sont perçus tantôt comme des activités complémentaires tantôt comme des activités conflictuelles. En plus, l'élevage contribue à la dégradation de l'environnement (ressources naturelles).

II.1. Élevage et gestion de l'environnement : des relations controversées

Les relations entre élevage et environnement s'appréhendent aisément à travers les demandes d'intrants naturels (pâturage, eau). Ces demandes ne cessent de croître alors que l'offre environnementale reste inélastique. Certains auteurs accusent l'élevage comme un secteur qui exerce des effets négatifs importants sur les ressources naturelles ; ils les lient souvent à l'inadéquation entre volume du cheptel et les capacités environnementales.

Le rapport Livestock's Long Shadow (2006) pointe notamment l'impact de l'élevage de ruminants sur le climat et montre clairement comment les différentes composantes du climat et de l'environnement sont touchés par les activités pastorales.

Dans chaque cas, il s'agit, comme pour la controverse générale, d'identifier les différents éléments du système (parties-prenantes, publics et incertitudes), ainsi que les relations qu'ils entretiennent.

II.2. Impacts de l'élevage sur l'environnement

L'élevage accentue l'effet de serre et la déforestation. L'élevage est le premier responsable des GES. En 2006, un rapport de la FAO indiquait que l'élevage était responsable de 18% des émissions annuelles des gaz à effet de serre (GES) dans le monde[20], plus que tous les moyens de transport réunis.

L'élevage génère 9% du CO2 (déforestation pour l'extension des pâturages et des terres arables pour la culture fourragère, carburant, chauffage des bâtiments d'élevage, ...), 37% du méthane (fermentation entérique ou digestion des ruminants et fermentation des déjections animales) et 65% de l'oxyde d'azote (épandage d'engrais azotés).

[20] FAO, Livestock Long Shadow, 2006, p. 112. http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM

L'émission d'une tonne de méthane a un effet équivalent à 25 tonnes de dioxyde de carbone (CO2) à 100 ans et un effet équivalent à 49 tonnes de CO2 à l'horizon 2050[21]. Une tonne d'oxyde d'azote a un effet équivalent à 275 tonnes de CO2 à 20 ans et à 296 tonnes à 100 ans[22].

De nouveaux calculs effectués en 2009 par deux experts des questions environnementales auprès de la Banque mondiale démontreraient que la FAO aurait sous-estimé la responsabilité de l'élevage qui représenterait en réalité 51% des émissions mondiales de GES[23].

Des éléments complémentaires ont été intégrés à cette étude, dont l'impact de la pisciculture. L'élevage ne se fait pas en forêt. L'élevage extensif et le soja exporté comme aliment du bétail sont la première cause de la déforestation selon Alain Karsenty, économiste au Centre de coopération internationale pour le développement et expert auprès de la Banque mondiale[24]. Après une enquête de 3 ans publiée en juin 2009, Greenpeace affirme que l'élevage bovin est responsable à 80% de la destruction de la forêt amazonienne[25]. Avec une superficie de six millions de kilomètres carrés (6 000 000 $km^{2)}$, la forêt amazonienne est la plus grande zone de forêt primaire tropicale de la planète.

Durant les quarante dernières années, 800 000 km^2 de forêt amazonienne ont été détruits. Actuellement, ce chiffre est de 14 000 km^2 par an et s'accélère à cause de l'augmentation de la production de viande qui oblige à gagner du terrain sur la forêt pour faire plus d'élevage. L'UE, dont la superficie des forêts augmente, est le 4ème importateur de bovins derrière les USA, la Russie, et le Japon. En outre, 80% des importations de bovins de l'UE viennent d'Amérique du Sud. La France est le premier consommateur européen de viande bovine[26]. Ainsi la consommation de viande en Europe et en France est une cause de la déforestation en Amérique du Sud.

---

[21] Benjamin Dessus, Bernard Laponche et Hervé Le Treut, Réchauffement climatique : importance du méthane, 2008. http://www.larecherche.fr/html/2008/pdf/methane.pdf

[22] Less Meat, less heat, Impacts of Livestock on climate change, août 2008. http://www.alimentation-responsable.com/sites/default/files/pachauri.pdf

[23] Robert Goodland and Jeff Anhang, « Livestock and Climate Change », World Watch Magazine, Volume 22, N^0. 6, novembre/décembre 2009.

[24] Laurence Caramel, « Lutte contre la déforestation : attention aux mirages », Le Monde, 27 octobre 2009. http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/10/27/lutte-contre-la-deforestation-attention-aux-mirages_1259254_3244.html

[25] Greenpeace, « En Amazonie », juin 2009. http://www.greenpeace.org/france/campagnes/forets/fiches-thematiques/en-amazonie

[26] France Agrimer, Les cahiers de France Agrimer, Données statistiques sur l'élevage, 2009. http://www.franceagrimer.fr/informations/publications/F-elevage/09-09-15/bovins-96B.pdf

Cette déforestation, en pleine accélération, cause 20% des émissions mondiales de GES[27] (combustion massive de matière organique), perturbe le cycle de l'eau (la végétation et l'humus stockent et diffusent l'humidité) et réduit la biodiversité par la destruction de l'habitat de millions d'espèces végétales et animales.

En outre, le compactage des sols piétinés par le bétail empêche les infiltrations d'eau et provoque des ruissellements qui érodent les sols et privent d'eau les derniers végétaux, rendant les terres inutilisables. L'érosion des sols résulte d'une combinaison de facteurs (climat, agriculture, élevage), dont il est bien difficile d'évaluer les parts respectives.

L'intensité de l'impact sur les sols est plus forte sous l'effet des activités agricoles, comparativement aux activités pastorales ; dans le premier cas, il y a destruction de la couverture végétale et parfois aggravation de l'emprise érosive du fait de certaines pratiques culturales (labour dans le sens de la pente).

A l'inverse, l'impact de l'élevage sur les sols peut être considéré comme plus important en termes d'extension géographique, en raison de la plus grande proportion de parcours par rapport aux cultures dans les zones arides.

La revue de la littérature a permis de montrer que les relations entre l'élevage et l'environnement ne sont pas des plus faciles à élucider.

Les thèses des unes et des autres se défendent valablement parce qu'il est difficile de distinguer l'ampleur des dégradations qui sont strictement liées à des facteurs climatiques aléatoires et celles qui sont imputables à une surexploitation pastorale ou à l'action anthropique. Certains effets ne se manifestent que dans le long terme.

II.2.1. Impacts de l'élevage sur l'eau

La Terre a des ressources en eau limitées. La FAO (2002) estime que nous disposons globalement de 9 000 à 14 000 km^3 d'eau utilisables[28] soit 5 640 litres (L) d'eau par jour et par personne au mieux aujourd'hui, 4 260 litres d'eau par jour et par personne au mieux en 2050[29].

[27] Laurence Caramel, « Lutte contre la déforestation : attention aux mirages », Le Monde, 27 octobre 2009. http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/10/27/lutte-contre-la-deforestation-attention-aux-mirages_1259254_3244.html

[28] FAO, Crops and Drops, 2002, p. 1. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y3918e/y3918e00.pdf 2

[29] 14 000km^3 par an pour 6,8 milliards de personnes aujourd'hui, estimée à 9 milliards de personnes en 2050

Environ 5 000 L d'eau sont nécessaires pour produire 1 000 kcal d'aliments d'origine animale, 1 000 L si l'origine est végétale[30].

En prenant en compte les différents segments[31] de la chaîne de production, l'élevage, y compris la pisciculture[32], est la plus grande source sectorielle de polluants de l'eau : principalement les déchets animaux, les antibiotiques, les hormones, les produits chimiques les tanneries, les engrais et les pesticides utilisés pour les cultures fourragères, et les sédiments des pâturages érodés[33].

L'hyper eutrophisation, par les nitrates, le phosphore et autres nutriments est responsable de l'essor des algues vertes et de la dégénération des récifs coralliens. Cette eutrophisation cause la mort de nombreux êtres vivants aquatiques[34] et de quelques animaux terrestres[35].

L'élevage y contribue de façon directe par les rejets de lisiers et indirecte par l'excès d'engrais apportés aux cultures de céréales destinées à nourrir le bétail[36]. La gestion des déjections animales dans les élevages intensifs provoque le lessivage des nitrates et des agents pathogènes dans la nappe aquifère, qui met souvent en péril les réserves d'eau potable[37].Les petits éleveurs, les pêcheurs et les pasteurs font partie des populations les plus vulnérables aux changements climatiques.

Les changements climatiques ont sur l'élevage non seulement un impact direct (par exemple, avec le stress thermique et l'augmentation de la morbidité et de la mortalité) mais aussi un impact indirect (par exemple, par la qualité et la disponibilité des aliments et des fourrages, et les maladies animales). Dans le même temps, le secteur de l'élevage contribue de manière significative aux changements climatiques.

---

[30] Daniel Renault (FAO), Value of virtual water in food, principles and virtues, 2002, p.17. http://www.fao.org/nr/water/docs/VirtualWater.pdf

[31] Les différents segments pris en compte sont l'abreuvement des animaux et l'entretien des locaux, les abattoirs et industries agroalimentaires, les tanneries et l'irrigation des cultures fourragères, FAO, Livestock's long shadow, 2006, pp. 128-135. http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM

[32] Gaëlle Dupont, « Le développement fulgurant de l'aquaculture devrait continuer », Le Monde, 12 novembre 2009, http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/11/12/le-developpement-fulgurant-de-l-aquaculture-devrait-continuer_1266203_3244.html#ens_id=1266298

[33] http://www.fao.org/ag/fr/magazine/0612sp1.htm

[34] Chloë Fromange, Emilie Novince, Eutrophisation : un phénomène naturel amplifié par les rejets des activités humaines, http://www.eaubretagne.fr/Pollutionsetmenaces/Impactsdespollutions/L'eutrophisation/Eutrophisation-un-phenomene-naturel-amplifie-par-les-rejets-des-activites-humaines

[35]Cyriel Martin, « Bretagne : ce rapport confidentiel sur les algues vertes qui accable les agriculteurs », Le Point, 21 octobre 2009, http://www.lepoint.fr/actualites-societe/2009-10-21/algues-vertes-ce-rapport-confidentiel-qui-accable-les- agriculteurs/920/0/387492

[36] Séverine Gibet pour la FAO, Agriculture et pollution azotée des eaux en Bretagne, France, http://www.fao.org/AG/agL/watershed/watershed/papers/papercas/paperfr/case17fr.pdf

[37] http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2006/1000219/index.html

En effet, 14,5 pour cent des gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique proviennent des filières de l'élevage. Cela représente 7,1 gigatonnes (Gt) d'équivalent dioxyde de carbone (éq.-CO2) par an.

Les principales sources d'émissions sont la production et le transport de l'alimentation animale, et le méthane issu de la digestion des ruminants. La bonne nouvelle est que l'adoption plus large des meilleures pratiques et technologies existantes en matière d'alimentation, de santé, d'élevage des animaux et de gestion des effluents pourraient rendre le secteur de l'élevage au niveau mondial plus résilient et réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 30 pour cent.

Les auteurs font généralement référence à la notion de «charge animale» pour synthétiser les relations qui existent entre l'élevage et l'environnement. On apprécie la pression que le bétail exerce sur les ressources à partir de cette notion. Sur cette base, on estime qu'une forte charge[38] serait susceptible de dégrader l'environnement tandis qu'une pression «moyenne» permettrait à la ressource de se reproduire convenablement. Mais cette notion, intimement liée à celle de surpâturage, est loin de faire l'unanimité.

En effet, Behnke et Scoones (1990) avancent « qu'il n'existe pas de capacité de charge unique, optimale au plan biologique et susceptible d'être définie indépendamment des différents objectifs de gestion liés à différentes formes d'exploitation animale ». Pour eux, la capacité de charge optimale (« définition intégrale ») est la « densité d'animaux et de plantes permettant au gestionnaire d'obtenir ce qu'il veut du système ». L'importance de cette notion tient au fait qu'elle détermine le niveau de densité du bétail compatible avec la capacité régénératrice naturelle des pâturages.

Les deux auteurs distinguent trois types de capacité : la capacité de charge écologique, la capacité de charge photographique et la capacité de charge économique. Ces variantes de la notion de charge s'attachent à différents objectifs.

La capacité de charge écologique, comme son nom l'indique, correspond au nombre d'animaux qui assure la croissance maximale des plantes. La capacité de charge photographique est une notion touristique et correspond au maximum d'animaux (faune) qui ne provoque pas une dégradation des ressources; à ce point, elles sont à la limite de la croissance acceptable.

[38] Cité par Tiemtoré (1994).

Dans le premier cas, le nombre d'animaux est minimal tandis que dans le second cas il est important. La capacité de charge économique assure la liaison entre les deux sortes de capacité de charge ci-dessus décrites.

Elle correspond au niveau de densité animale associé à des possibilités de régénérescence naturelle qui donne le rendement maximum soutenu des animaux. On choisit alors de se référer à la capacité de charge économique lorsqu'on l'évoquera; puisqu'il est supposé dans cette étude que les producteurs pastoraux optimisent les variables (production et profit) sous les contraintes environnementales.

II.3. Elevage et agriculture : des relations conflictuelles et de complémentarité

II.3.1. Relations conflictuelles

Les sources de conflits pour l'occupation de l'espace rural sont de plusieurs ordres. Les relations conflictuelles se perçoivent avec la démographie et ses effets induits. La croissance démographique exerce, en effet, une double pression sur le milieu naturel. Elle augmente d'une part, la pression sur le milieu liée à l'accroissement de la demande de terres de culture; d'autre part, il y a une demande induite de pâturage due à l'augmentation du nombre de personnes qui pratiquent l'élevage et l'amélioration des techniques sanitaires qui maintient des taux de croît relativement élevés. En outre, plusieurs personnes (agriculteurs, commerçants et fonctionnaires) exercent l'élevage comme activité secondaire; toutes choses qui contribuent à augmenter le volume du cheptel et par conséquent la demande de pâturages. A ces facteurs s'ajoute une sédentarisation de plus en plus importante de certaines populations. Conscients de la grande incertitude[39] de l'activité d'élevage, les pasteurs ne se contentent plus des sous-produits pastoraux (lait) et les achats de céréales pour leur alimentation. Ils pratiquent directement l'agriculture ou font appel à une main-d'œuvre salariée pour le faire.

En somme, les conflits entre l'élevage et l'agriculture s'appréhendent à travers l'occupation de l'espace (pâturages et champs) et la répartition de la main-d'œuvre entre ces deux activités. Mais au-delà de cette vision qui fait de l'élevage et l'agriculture des concurrents potentiels, ces deux activités sont complémentaires dans une certaine mesure; elles se rendent mutuellement service. D'abord, l'élevage bénéficie de plusieurs services de l'agriculture.

[39]Des auteurs comme Boutrais (1992) estiment que l'élevage est une activité plus aléatoire que l'agriculture. En effet, une catastrophe dans la production agricole peut être compensée dès l'année suivante si les conditions climatiques deviennent propices tandis que la reconstitution d'un troupeau décimé par une épidémie ou une grande sécheresse demande plusieurs années.

Une partie de la demande alimentaire du bétail est satisfaite grâce aux sous-produits agricoles (résidus de récolte ou les résidus de culture)[40]. L'élevage fournit de la matière organique (fumier) pour fertiliser le sol.

II.3.2. Relation de complémentarité

La complémentarité des activités d'élevage s'aperçoit à travers l'amélioration du revenu des populations rurales. Dans ce sens, l'élevage serait une «épargne ambulante», mieux une assurance contre les mauvaises récoltes; les produits des ventes de bétail sont utilisés pour

II.4. Contexte de la production animale

Les systèmes de production animale au Burundi sont de type extensif mais on tend vers l'intensification. A l'exception des systèmes d'élevage intensif ou semi-intensif qui se développent, dans les zones urbaines ou périurbaines, les systèmes traditionnels tirent l'essentiel de leur alimentation des pâturages naturels.

Dans de tels systèmes, l'espace est un facteur important. Mais depuis quelques années, les producteurs pastoraux assistent à une réduction drastique des espaces pâturables dont les causes sont multiples. La contrainte la plus importante qui pèse sur l'élevage au Burundi est celle alimentaire (pâturages et eau). L'expansion des surfaces de cultures et la dégradation de certaines zones de pâture entraînent une réduction nette des surfaces pâturables. Mais la réduction de pâturages observée n'est pas seulement le résultat d'une forte demande d'espace pour les cultures ; elle est également le résultat d'un accroissement net du nombre d'animaux. Ceci entraîne une réduction de l'espace pâturable par animal et par conséquent une surcharge de celui-ci. Les effets cumulés qui en découlent sont aggravés par ceux d'une démographie galopante et de l'amélioration de la santé animale qui a considérablement réduit la mortalité des animaux.

Dans notre travail de recherche, nous retenons simplement la ressource en eau et surtout l'eau des pluies (la pluviométrie) et le milieu naturel qui est le sol (pâturage naturel).

La figure 5 indique les principales sources de pression sur les ressources naturelles et les interactions (conséquences) qui en résultent. La pression démographique semble être un facteur majeur pour ce cas.

[40] Songué (1997) distingue les résidus de récolte (« tous les produits issus de la récolte et non propices à la consommation humaine ») des résidus de culture (« constitués des résidus de culture et les produits laissés sur le champs tels que les tiges et les feuilles »). Dans cette recherche, on rassemble tous les produits issus d'une transformation artisanale des produits agricoles ou des déchets qui en résultent sous le vocable de sous-produits agricoles.

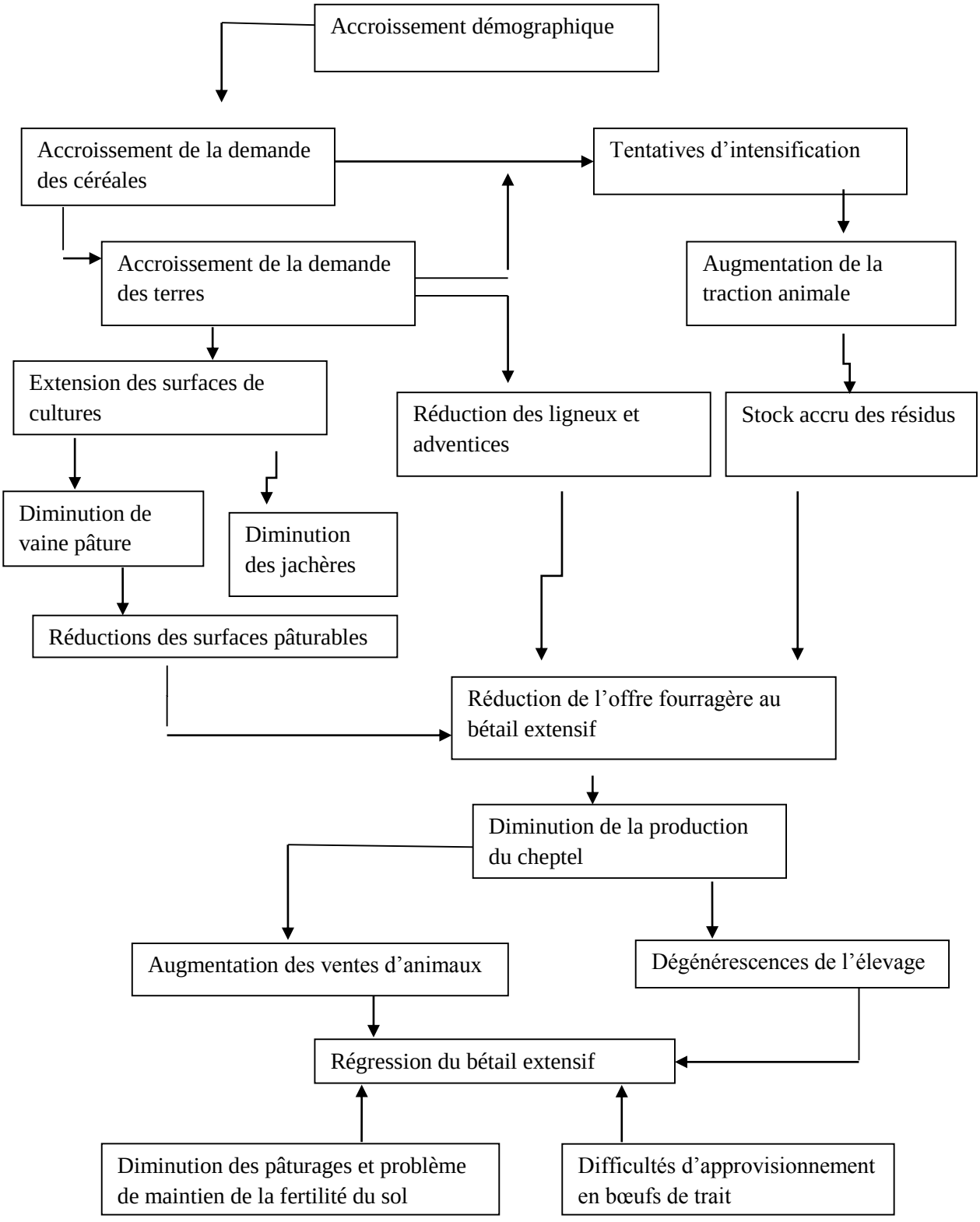


Figure 5: Les principales sources de pression sur les ressources naturelles et leurs conséquences

Source : Adapté de Daget et al. (1995)

La spécificité des productions animales tient surtout, sur le plan technique et économique, du cycle de production. L'élevage exige un investissement initial important qui ne peut être rentabilisé dans le court terme.

A cette phase, l'éleveur mobilise d'importants capitaux avec des productions faibles. Pour la plupart des herbivores (les principales espèces), le cycle de reproduction est d'environ de 5 à 7 ans pour le bœuf, 1 à 3 ans pour le mouton et la chèvre (De Gonneville et Sargniguet, 1986) en ce qui concerne les espèces locales non améliorées.

La figure 6 indique les principaux facteurs de perturbation des systèmes d'elevage au Burundi.

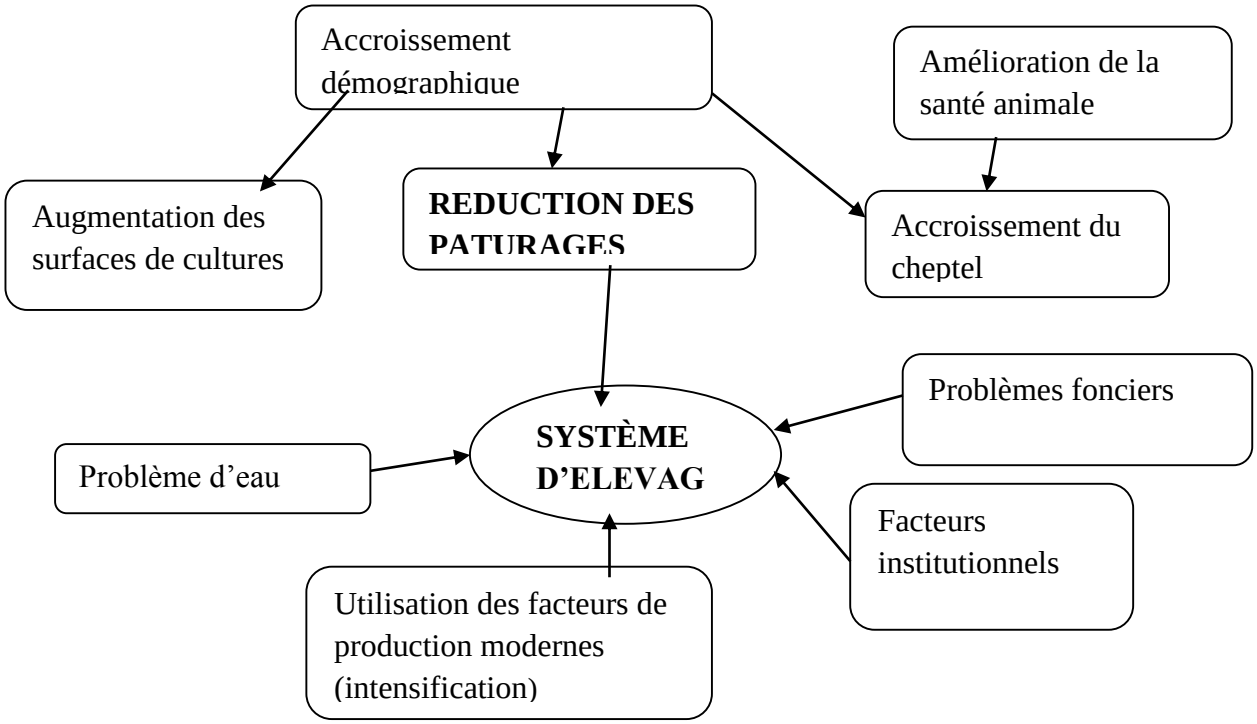


Figure 6: Principaux facteurs de perturbation des systemes d'elevage au Burundi.

Source : Auteur

II.5. Champ de la recherche et les hypothèses

La revue de la littérature montre que les relations entre l'élevage et l'environnement d'une part, et celles qui existent entre l'agriculture et l'élevage d'autre part, ne sont pas linéaires.

Au contraire, elles sont d'une grande complexité qui peut dérouter l'analyste car l'élevage, l'agriculture et l'environnement agissent mutuellement l'un sur l'autre.

En particulier, l'élevage agit sur l'environnement, de même que l'environnement exerce un impact sur l'élevage, positivement ou négativement selon les situations. Les difficultés d'étudier les systèmes d'élevage (production, offre de produits, demande d'intrants, viabilité, etc) viennent justement de la complexité de ces relations ; d'où la nécessité d'indiquer le sens de la relation que l'on veut étudier dans cette recherche. Dans le cadre de cette recherche, seule la deuxième relation, c'est-à-dire l'impact des changements environnementaux de type quantitatif sur le système d'élevage extensif est abordé. On ne rejette pas l'impact des systèmes d'élevage sur l'environnement mais l'élevage subit non seulement l'impact de l'environnement naturel mais aussi les pressions de l'agriculture. Il sied de les analyser pour mettre à nu leurs conséquences. Par ailleurs, il s'agit de la « performance » en termes de capacité d'adaptation aux variations environnementales pour maintenir ou accroître la rentabilité du secteur de l'élevage.

On entend par variations environnementales ou variations des actifs naturels la réduction des zones de pâture suite à l'extension des surfaces emblavées et les variations pluviométriques qui sont tous considérées comme des facteurs déterminants de la production pastorale. Ces changements sont supposés constituer des contraintes importantes pour les stratégies des éleveurs (offres de produits et demandes d'intrants). Les aspects qualitatifs[41] tels que la composition des pâturages, la variabilité de la qualité des espèces selon les saisons ou la qualité de l'eau ne sont pas considérés dans cette analyse même si je les ai citées.

Cette étude s'appuie sur deux hypothèses de base. Elles sont relatives au comportement adaptatif des éleveurs et à l'impact des variations environnementales sur les demandes d'intrants et les offres d'animaux et sous produits d'animaux comme le lait (substituabilité et utilisation des intrants). La première hypothèse est relative à la réduction des pâturages. On suppose que la raréfaction ressources naturelles favorise l'utilisation des sous-produits agricoles et sous-produits agro-industriels dans les systèmes d'élevage traditionnels. Une réduction des pâturages devrait être suivie d'une forte demande d'intrants autres que les facteurs naturels.

[41] Ces aspects ne sont pas explicitement pris en compte. On fait l'hypothèse que le prix est un bon indicateur de valeur dans les systèmes de production animale. En effet, dans ces systèmes, le prix intègre plusieurs variables dont les performances zootechniques et sanitaires de l'animal, sa robe, la capacité de négociation du vendeur, etc. Ces éléments qualitatifs sont supposés être incorporés dans les prix ou le terme d'erreur de la régression

D’autre part, on pose une deuxième hypothèse qui stipule que les sous-produits agricoles (les pailles de céréales, les fanes de légumes, d’arachides, ..., les pailles de tubercules) et les sous-produits agro-industriels (son de blé, son de riz, son de maïs, tourteaux de palmier, huile, la mélasse, le sel) sont des biens parfaitement substituables. Si des problèmes de disponibilité se posaient, les éleveurs seront plus sensibles aux prix des sous-produits agricoles.

CHAPITRE III. FONDEMENTS ECONMIQUES DE LA VALORISATION DES RESSOURCES NATURELLES

III.1. Théorie du producteur

La théorie du producteur est très importante en analyse microéconomique de la production. Elle suppose un comportement rationnel du producteur dont le principal problème est un problème d'optimisation. Celui-ci (le producteur ou la firme) combine les différents facteurs de production (intrants) pour obtenir un ou plusieurs produits (outputs) qu'il offre sur un marché.

Le mode de production ou la technique peut être utilisée pour caractériser le producteur. Ce dernier se situe dans un environnement qui lui impose des contraintes dont les plus importantes sont d'ordre technique ou technologique. Pour produire de manière efficace, ce dernier opère des choix pour parvenir à la meilleure combinaison possible des facteurs de production. Dans ce contexte, le producteur cherche à minimiser les coûts de production en vue de maximiser son profit.

III.2. Minimisation des coûts

L'acquisition des intrants occasionne des coûts pour le producteur. Sa rationalité va le pousser à rechercher le niveau de coût le plus bas, condition nécessaire pour un profit maximum dans le court terme. Dans cette période d'analyse, en effet, le niveau de production étant donné, celui du revenu l'est aussi. Le problème d'optimisation consiste alors à la minimisation des coûts. La fonction de coût est définie comme suit:

$$\mathrm{C}\ (\mathrm{w}, \mathrm{y}, \mathrm{Z}, \mathrm{E}) = \min_{x \geq 0} \{w.x : x \epsilon V(y, Z, E\} \qquad \text{Équation (1)}$$

Où w est un vecteur de prix des intrants (strictement positifs) et x le vecteur d'intrants associé aux différents prix. V (y, Z, E) caractérise la technologie qui permet de produire l'output y, conditionnée par les facteurs fixes et les actifs naturels. La fonction de coût donne le coût minimum de production d'un output donné pour une période donnée; elle est fonction du prix des intrants, du prix des outputs, des facteurs fixes et environnementaux.

Contrairement aux autres facteurs de production, le facteur environnemental échappe au contrôle du producteur ce qui n'est pas le cas pour les autres variables. Pour Desaigues et Point (1993), « le mieux qu'il puisse faire, c'est de développer une stratégie d'adaptation aux éventuelles variations du facteur ».

III.3. Maximisation du profit

La théorie économique « traditionnelle » du producteur postule que le comportement du producteur est guidé par la maximisation du profit. Il est indissociable d'un comportement de minimisation des coûts de production.

Le profit est défini comme la différence entre les recettes courantes et les coûts courants de production ; les coûts comprennent aussi bien les coûts variables que les coûts fixes. La modélisation choisie est celle d'une fonction de profit multi produit. Le temps d'analyse suppose alors une fonction de profit contrainte. Lorsqu'on intègre les facteurs fixes et les facteurs environnementaux comme arguments dans la fonction de profit, elle est de la forme générale suivante:

$$\pi(\mathrm{p}, \mathrm{w}, \mathrm{y}, \mathrm{Z}, \mathrm{E}) = \max_{y \geq 0} \{py - c(w, y, Z, E\} \qquad \text{Équation}(2)$$

Où y représente un vecteur d'outputs (produits) lorsque yi est supérieur à 0 et un vecteur d'intrants lorsque yi est inférieur à 0; P désigne un vecteur de prix des outputs et w celui du prix des intrants. C (W, Y, Z, E) est définie dans l'équation (1).

III.4. Surplus du producteur

Quand le marché du producteur fonctionne sans de graves entraves, le surplus du producteur peut être utilisé comme une mesure de la variation de son bien-être[42] du producteur qui résulte du changement quantitatif (disponibilité) ou qualitatif d'un actif naturel. La variation de bien-être du producteur (son surplus) est approximée à la différence entre la somme qu'il reçoit effectivement pour la vente de ses produits, et la somme minimale pour laquelle il serait disposé à offrir une unité additionnelle de son produit. Les figures 7 et 8 qui suivent indiquent le surplus du producteur et ses variations. Graphiquement, le surplus du producteur est représenté par l'aire du triangle P_EAE et sa variation est passee de l'aire du triangle P_0AE_0 au triangle P_1BE_1 comme indiqué par la figure 8.

[42] Tout comme l'ont fait Desaigues et Point (1993), il est considéré dans cette recherche la variation ponctuelle du bien-être (à un moment donné). Les variations inter temporelles ni celles liées à l'incertitude ne sont pas prises en compte.

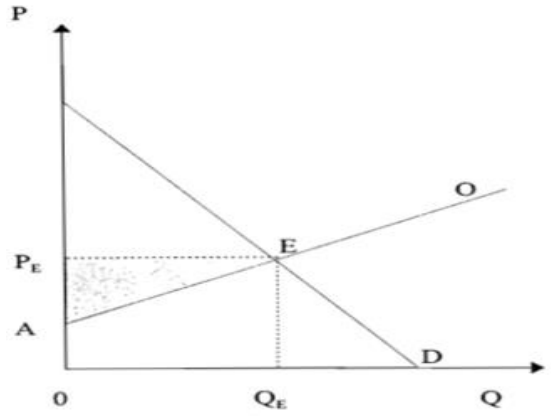


Figure 7: Surplus du producteur

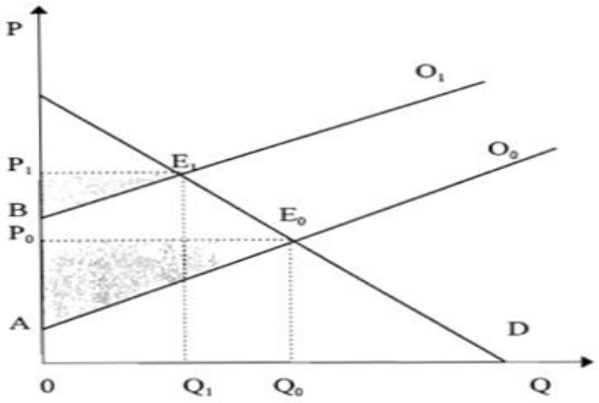


Figure 8: Variation du surplus du producteur

Source : *Adapté de Desaigues et Point (1993)*

La dégradation des actifs naturels entraîne un accroissement des coûts supplémentaires pour le producteur. La dégradation peut être perçue dans ce cas comme la perte de certaines qualités de l'actif ou son indisponibilité.

En effet, les coûts d'acquisition des actifs naturels sont faibles voire nuls. Lorsqu'il y a une variation négative (diminution) des ressources naturelles, l'éleveur adopte souvent deux types de comportement ; soit se déplacer à la recherche de meilleurs pâturages soit acheter des sous-produits agricoles ou agro-industriels en compensation de l'actif en dégradation.

Dans l'un ou l'autre cas, le producteur supporte des coûts supplémentaires pour produire. Ceci a pour effet un déplacement de la courbe d'offre vers le haut (figure 7 ci-dessus) suivi d'un accroissement du prix d'offre et d'une réduction de la quantité offerte. L'effet global est une baisse du surplus du producteur.

Sa variation de bien-être peut être approximée à la variation de son surplus qui est égale à la surface représentée par la surface P_1E_1B moins la surface P_0E_0A; son surplus va donc baisser. Cette variation est représentée sur les figures 7 et 8 ci-dessus. Le signe du surplus total du producteur dépend de la forme des fonctions d'offre et des courbes de demande.

III.5. Approche par la fonction de profit ou approche duale

L'existence d'une relation duale entre une technologie de production donnée et la fonction de profit (ou de coût) qui lui est associée à des implications importantes pour des analyses économiques de la production.

On peut en effet partir d'une fonction de profit (ou de coût) dériver la fonction de production ou la technologie utilisée (Varian, 1992), de même que les fonctions d'offre de produits et de demande d'intrants. Mais ceci n'est possible que sous certaines conditions de régularité (Jorgenson et Lau, 1974).

Il faut entre autres que la fonction de profit soit convexe et homogène de degré un dans les prix. Si ces conditions sont réunies, on n'a besoin de résoudre aucun problème de maximisation; ceux-ci le sont déjà par la spécification de la fonction de profit (Varian, 1992).

Malgré quelques difficultés de manipulation, elle offre un certain nombre d'avantages: la possibilité de remonter à la fonction de production si la symétrie est imposée, la facilité de calcul des élasticités, la déduction des fonctions d'offre de produits (bœufs, lait, fumier) et les fonctions de demande d'intrants (produits vétérinaires, sel, sous-produits agricoles et agro-industriels, etc.). Tous ces avantages justifient le choix du modèle dual.

Si les conditions d'homogénéité de degré un dans les prix sont réunies, la convexité stricte de la fonction de profit sont remplies; et si en plus la fonction de profit est deux fois continûment dérivable, l'application du lemme de Hotelling (1931) permet d'avoir les fonctions d'offre de produits et de demande d'intrants. On a alors :

$$y_i\,(p,w,Z,E) = \frac{\partial \pi(p,w,Z,E)}{\partial p_i}\;;\;\; si\ i\ est\ un\ output\ /produit$$

$$-y_i\,(p,w,Z,E) = \frac{\partial \pi(p,w,Z,E)}{\partial w};\;\; si\ i\ est\ un\ input\ /intrant$$

Équation (3)

Où p, w, Z et E sont les mêmes variables que celles définies pour la fonction de profit dans l'équation 2. La façon d'opérationnaliser ces équations est développée dans la section suivante.

III.6. Sources des externalités : la notion de bien public

L'environnement est par définition un bien public, bien qu'il soit d'un type particulier.

En effet, il remplit le double rôle de « bien public pur » et de « bien commun » ou collectif selon la terminologie de Desaigues et Point (1993). Pour ces derniers, lorsqu'on considère l'environnement comme « support de vie », il est un bien public pur. Mais dès lors qu'on s'intéresse à des ressources naturelles d'accès libre avec des droits de propriétés mal définis, on fait face à des ressources communes.

Selon Desaigues et Point (1993), la valorisation des actifs naturels repose sur deux hypothèses de base. La première considère les préférences individuelles comme le « fondement de l'évaluation des bénéfices d'environnement ».

La seconde hypothèse stipule que chaque individu est le meilleur juge de ses préférences, qu'il s'agisse d'un producteur ou d'un consommateur.

Les biens environnementaux ou actifs naturels que sont les pâturages constituent le principal « capital de production » dans les systèmes d'élevage extensif (Sanon, 1997).

III.7. Externalités et théories explicatives

La notion d'externalité a connu ses développements avec les problèmes de pollution liés à l'industrie (dommages pour le milieu naturel). L'épuisement de certaines ressources naturelles non renouvelables et les difficultés de s'en procurer d'autres dites renouvelables ont fait prendre davantage conscience aux acteurs économiques et politiques de la nécessité de bien gérer le patrimoine naturel. C'est ainsi que les spécialistes de l'économie du bien-être vont ramener, au cœur de l'analyse économique, la question des dommages subis par l'environnement ou un groupe spécifique d'agent à travers les activités d'autres agents économiques.

En d'autres termes, il y a externalité chaque fois que l'activité d'un agent économique a des conséquences positives (économies externes ou externalités positives) ou des conséquences négatives (déséconomies externes ou externalités négatives) sur l'activité d'un autre agent sans qu'il y ait une compensation.

III.7.1. Dilemme du prisonnier

La gestion des ressources naturelles (non renouvelables surtout) a été souvent abordée sous l'angle du « dilemme du prisonnier ». Cette théorie évoque la situation de deux prisonniers dont la responsabilité a été retenue pour une faute non élucidée. Ils sont tous les deux présumés coupables. Occupant des cellules différentes, ils sont soumis au même interrogatoire. Si, comptant sur la clémence du jury, ils se dénoncent mutuellement, ils seront condamnés. Par contre, s'ils venaient à nier les faits ensemble, ils seront jugés « innocents » et par conséquent relaxés. Si l'un dénonçait l'autre, celui-ci est condamné et celui-là libéré.

En théorie des jeux, le dilemme du prisonnier soulève la difficulté de la coopération dans un contexte d'incertitude sur la réaction des partenaires. En se plaçant dans le cas des ressources naturelles, on se pose les questions suivantes : faut-il consommer la ressource aujourd'hui oui

ou non, et à quels usages ? Si oui, quelle quantité peut-on utiliser au maximum pour assurer la pérennité des systèmes de production ? Les autres acteurs en présence (éleveurs et agriculteurs) se comportent-ils selon cette logique ? Les réponses à ces questions ne sont pas évidentes.

III.7.2. Passager clandestin

Le dilemme du prisonnier est un jeu sans coopération, chaque prisonnier étant isolé et prenant ses décisions en faisant des hypothèses sur le comportement de l'autre. La théorie du passager clandestin par contre ne peut être soutenue que dans une situation dans laquelle les agents en présence coopèrent (agriculteurs et éleveurs pour ce qui est de cette étude). Seulement, tous les acteurs ne respectent pas les règles du jeu établies en commun.

Certains agents en référence à leur propre intérêt ignorent l'intérêt collectif ; ils vont alors transgresser ces règles au détriment de la collectivité.

Ce comportement est observable pour la plupart des biens publics, et particulièrement en ce qui concerne l'espace rural et sa répartition entre élevage et agriculture. Les surfaces de culture s'étendent souvent au détriment des pâturages malgré la présence de « normes » tacites, le plus souvent établies collectivement. Cette assertion est d'autant plus soutenable que la collectivité souhaiterait une préservation ou une gestion socialement optimale des ressources contrairement à la logique individuelle empreinte d'opportunisme (situation de « passager clandestin »). La théorie du passager clandestin est indissociable de la tragédie des communs et même du dilemme du prisonnier.

L'approche duale suppose un comportement d'optimisation (maximisation du profit ou minimisation des coûts).

Selon Motel (1993), le comportement de l'exploitation pastorale étant guidé par une certaine rationalité économique[43]. Cette démarche peut s'avérer pertinente.

III.8. Fonction de profit Cobb-Douglas

La fonction de profit Cobb-Douglas peut être utilisée comme une approximation de la technologie inconnue des producteurs. Cette fonction de production a été proposée par deux économistes américains au début du XXème siècle. C'est une fonction de production à

[43] La rationalité dont il est question ici n'est pas celle de « l'homo economicus ». Il s'agit d'une rationalité limitée conduisant le producteur à prendre sa décision en tenant compte seulement des informations dont il dispose, et ceci dans un contexte d'incertitudes et de risques.

facteurs substituables qui permet de maintenir l'hypothèse des rendements factoriels décroissants tout en étant compatible avec les trois cas de rendements d'échelle.

Selon Ande et al. (1985) la forme Cobb-Douglas est une fonction privilégiée pour l'analyse de la production tant du point de vue empirique que théorique. Elle a la vertu de la simplicité d'interprétation des paramètres et de l'estimation. A l'inverse, cette simplicité amène à imposer des restrictions telles que l'élasticité unitaire de substitution, la constance des élasticités de production, de demande d'intrants et d'offre de produits.

III.9. Problème des demandes d'intrants nulles

Dans cette section nous avons explicité la méthode économétrique qui est utilisée pour estimer le modèle économique. Comme l'ont montré Marie-Laurence Grannec et *al.* (2017), les mobilisations collectives sur l'élevage ne portent pas sur les mêmes thèmes et n'ont pas les mêmes enjeux selon les filières animales. L'analyse porte donc sur une étude multi-filière des conflits locaux autour d'exploitations d'élevage.

La comparaison des analyses par filière permet d'appréhender la vision différenciée que s'en font les acteurs, et de mettre en lumière des spécificités ou similarités dans la façon dont elles sont considérées à l'échelle locale.

Le développement des méthodes économétriques permet de prendre en compte des problèmes de ce genre dans l'analyse des fonctions de demande ou d'offre. En effet, l'application directe de la méthode des moindres carrées ordinaires (MCO) à des données comportant des proportions importantes de consommations nulles donnent des estimateurs biaisés.

La correction du biais nécessite une méthode en deux étapes. La première étape consiste à partitionner l'échantillon entre les producteurs ayant pris part au marché du produit i (valable pour les intrants j) et ceux qui n'y ont pas participé.

Soient P_{iq} et P_{jq} deux variables binaires indiquant respectivement la participation du producteur q au marché du produit i et la participation du producteur q au marché de l'intrant j. Ainsi, la formalisation est la suivante :

Soit P_{iq} =1 si le qième producteur a offert le produit i

P_{iq} = 0 dans le cas contraire

Soit P_{jq} =1 si le qième producteur a acheté l'intrant j Équation (4)

P_{jq} = 0 dans le cas contraire

Pour chaque catégorie de bien, on a alors comme équation de participation:

$P_{jq} = p + w + Typel + Foin + Four + Age + Mfam + \mathcal{E}i$ (D)

$P_{iq} = p + w + Typel + Tbov + Age + Tlitr + Mfam + \mathcal{E}i$ (S) Équation (5)

où les variables sont définies de la façon suivante:

Age: Age du chef de ménage ou de l'exploitant

Mfam: Main-d'œuvre familiale

p et w sont les vecteurs de prix des produits et des intrants, respectivement

Foin: Variable binaire indiquant la pratique de fauche/conservation de foin, 1= Oui, 0=Non

Four: Variable binaire indiquant la pratique de la culture fourragère, 1=Oui, 0=Non

III.10. Elasticités dans la spécification de Cobb-Douglas

Les variations de prix ou de certaines variables ont des conséquences sur les offres de produits et les demandes d'intrants. L'élasticité permet de mesurer l'ampleur de la réaction individuelle des producteurs. C'est un indicateur important en théorie de la production. Elle est définie comme un rapport de variations relatives de deux variables. L'élasticité mesure le pourcentage de la variation d'une variable donnée (variable expliquée) par rapport à celle d'une autre variable (variable explicative).

Dans cette recherche, on s'intéresse aux élasticités prix (effets des prix sur l'offre ou la demande) et aux élasticités croisées des prix (effets de substitution ou de complémentarité entre facteurs ou produits). Les élasticités des demandes et des offres par rapport aux facteurs fixes sont également prises en compte, notamment pour les facteurs d'environnement.

III.10.1. Elasticités-prix des demandes d'intrants et d'offre de produits

Une élasticité-prix d'un bien traduit le comportement de la demande de ce bien (ou de l'offre) suite à une variation en pourcentage dans les prix des facteurs (ou des produits). Soit une variable x dont le prix est p. L'élasticité de x par rapport à p, notée $\eta_{x/p}$, est:

$$\eta_{x/p} = \frac{\frac{\partial x}{x}}{\frac{\partial p}{p}} = \frac{\partial x}{\partial p}\, x\, \frac{p}{x}$$ Équation (6)

L'équation devient donc:

$$\eta_{x/p} = \frac{\partial lnx}{\partial lnp}$$ Équation (7)

Sous une forme logarithmique, comme c'est le cas avec la linéarisation de la fonction Cobb-Douglas, la dérivée partielle de la fonction de profit par rapport au logarithme de chacun de ses arguments correspond à une élasticité. Il vient que les équations (6) et (7) sont

équivalentes. On peut alors dériver directement des fonctions estimées les élasticités suivantes:

- Élasticité de la demande de l'intrant i par rapport au prix de l'intrant j:

$$\mathcal{E}_{xi/pij} = \frac{\partial ln\, x_i(p,w)}{\partial ln\, wr_j} = \delta_v^i \qquad \text{Équation (8)}$$

- L'élasticité de l'offre du produit i par rapport au prix de l'intrant j:

$$\mathcal{E}_{y/pij} = \frac{\partial ln\, y_i(p,w)}{\partial ln\, wr_j} = \delta_v^0 \qquad \text{Équation (9)}$$

- L'élasticité de la demande de l'intrant i par rapport au prix du produit j

$$\mathcal{E}_{xi/poj} = \frac{\partial ln\, x_i(p,w)}{\partial ln\, p_j} = \delta_d^i \qquad \text{Équation (10)}$$

- L'élasticité de l'offre du produit i par rapport au prix du produit j:

$$\mathcal{E}_{yi/poj} = \frac{\partial ln\, yi(p,w)}{\partial ln\, pj} = \delta_d^0 \qquad \text{Équation (11)}$$

Les équations (10) à (11) permettent de dériver des élasticités croisées chaque fois que i diffère de j, aussi bien dans les équations d'offre de produits que de demande d'intrants. Ces élasticités croisées permettent d'apprécier la réaction de la demande d'un intrant (ou de l'offre d'un produit donné) suite à une variation en pourcentage du prix d'un autre intrant (ou d'un autre produit). On arrive alors à déterminer la nature économique des biens en présence (biens substituables ou biens complémentaires).

III.10.2. Elasticités par rapport aux facteurs fixes et d'environnement

Les fonctions de demande de facteurs de production et d'offre de produits ne réagissent pas seulement aux variations des prix. Les effets de variations des facteurs fixes et d'environnement peuvent être importants. Il est alors nécessaire de dériver ces élasticités en vue d'apprécier leur effet sur les offres de produits et les demandes d'intrants. On a alors les élasticités par rapport au facteur d'environnement j définies comme suit:

- L'élasticité de la demande de l'intrant i par rapport au facteur d'environnement j:

$$\mathcal{E}_{xi/Ej} = \frac{\partial ln\, x_i(p,w)}{\partial ln\, E_j} = \varphi_k^i \qquad \text{Équation (12)}$$

L'élasticité de l'offre du produit i par rapport au facteur d'environnement j:

$$\mathcal{E}_{yi/Ej} = \frac{\partial ln y_i(p,w)}{\partial ln E_j} = \varphi_k^0 \qquad \text{Équation (13)}$$

- L'élasticité de la demande de l'intrant i par rapport au facteur fixe j:

$$\mathcal{E}_{xi/zj} = \frac{\partial ln x_i(p,w)}{\partial ln Z_j} = \beta_j^i \qquad \text{Équation (14)}$$

- L'élasticité de l'offre du produit i par rapport au facteur fixe j:

$$\mathcal{E}_{yi/zj} = \frac{\partial ln y_i(p,w)}{\partial ln Z_j} = \beta_j^0 \qquad \text{Équation (15)}$$

CHAPITRE IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

IV.1. Introduction

Cette partie présente la méthodologie de recherche que nous avons utilisée pour explorer les variations des ressources naturelles sur la rentabilité des éleveurs bovins péri urbains, les ressources qu'ils mobilisent pour contribuer à ces projets et sa position face à la question environnementale.

Elle présente la conception de la recherche, la Population et technique d'échantillonnage, la procédure de la collecte des données, le cadre théorique de la recherche, l'élaboration du Modèle de la recherche, la technique de collection de données, l'analyse de données et la vérification des hypothèses de la recherche, la considération d'Éthique de notre recherche ainsi que les résultats attendus et les perspectives.

IV.2. Présentation de la zone d'étude

IV.2.1. Données physiques

La prospection de terrain ainsi que l'échantillonnage ont été conduits dans les sites de Buringa et Maramvya qui sont localisés respectivement en communes Gihanga de la Province Bubanza et Mutimbuzi de la Province Bujumbura, à proximité de l'Aéroport international Melchior NDADAYE. Les deux sites sont séparés entre eux d'une distance de quatre kilomètres et sont tous traversés par la RN 5. Trois kilomètres séparent l'Aéroport du site Maramvya tandis que sept kilomètres le séparent du site Buringa dont la brise influence positivement l'état climatique. Ils font partie de la plaine de l'Imbo (Ministère de la Planification du Développement et de la Reconstruction Nationale, 2006).

Les sites d'étude se situent dans la région naturelle de l'Imbo qui est caractérisée par une basse altitude d'environ 1000 m et un climat chaud. Cette région est composée par la plaine de la Rusizi et la plaine côtière du Lac Tanganyika. Elle est située entre 2^0 45' et 4^0 27' de latitude Sud et de 29^0 et 39^0 40' de longitude Est.

La plaine est délimitée par deux grands horsts: la crête de partage des eaux des bassins du Congo et du Nil et le massif d'Itombwe qui borde la plaine à l'Ouest en territoire Congolais. Ces chaînes montagneuses culminent respectivement à 2600 m et 3200 m d'altitude. Cette situation particulière en une cuvette surchauffée et l'alizé du Sud-Est qui la traverse accentue encore le climat semi-aride qui la caractérise (DEWEZ, 1986).

IV.2.2. Données socio-économiques

Dans la zone d'étude, bien que les parcours et la forêt occupent plus de 5 932 km^2 des espaces, la densité humaine est moyennement élevée. Elle se situe à 220 habitants au km^2 dans la commune Mutimbuzi et à 193 habitants au km. Cette population se compose essentiellement d'agri éleveurs. On rencontre aussi des gens qui exercent d'autres métiers comme le commerce et autres surtout dans les villages.

IV.3. Conception de la recherche

L'élevage joue un rôle très important dans le système d'exploitation agricole burundais. Outre qu'il contribue à l'amélioration qualitative de la ration alimentaire par son apport en lipides et en protéines d'origine animale, il est le support indispensable à l'agriculture par sa contribution à la restauration et au maintien de la fertilité des sols par son apport important en fumier. Pourtant, il semble que l'on ignore sa contribution en matière du changement climatique qui va avoir aussi des impacts sur les ressources naturelles et les performances des éleveurs. Cette recherche s'attele aux moyens d'adaptation des éleveurs en cas de variations négatives desdites ressources.

Les dynamiques écologiques : la dégradation du couvert végétal, la sécheresse, la baisse de la fertilité des sols, … La loi n'autorise plus la pratique au Burundi.

IV.4. Population et technique d'échantillonnage

Deux types de données sont utilisés ; il s'agit de celles obtenues à partir de l'enquête (données primaires) et des données secondaires collectées auprès des services techniques qui travaillent dans le domaine de l'élevage et la gestion de l'environnement. L'enquête proprement dite a été menée à partir du 21 avril au 31 mai 2020. La méthode utilisée pour la collecte des données est celle de l'échantillonnage non-probabiliste appelée aussi méthode empirique ou par choix raisonné à l'aide du logiciel de collecte de données « KoboCollect ». Ainsi, un échantillon de 30 éleveurs a été questionné.

IV.5. Cadre théorique de la recherche

Le cadre théorique permet d'apprécier l'effet des différentes variables prises en compte dans l'analyse sur le profit des exploitations d'éleveurs. A partir de ce modèle, nous avons dérivé les fonctions d'offre de produits et de demande d'intrants.

Cette étude se limite à déterminer les offres de bovins (bœufs et lait), les principales productions animales bovines. D'autre part, on dérive les fonctions de demande d'intrants.

Les principaux intrants dans les systèmes d'élevage bovin sont : les pâturages naturels, les sous-produits agricoles (pailles de riz, fanes de patate douce et tiges de maïs), les sous-produits agro-industriels (son de riz, tourteau, son de maïs, mélasse), le sel et les produits vétérinaires.

IV.6. Elaboration du Modèle de la recherche et spécification fonctionnelle

L'analyse quantitative cherche à mesurer les relations fonctionnelles ou de causalité entre les variables, c'est-à-dire de cerner les effets quantifiables d'un certain nombre de variables sur d'autres qu'elles sont supposées expliquer. Mais il n'est pas du tout aisé de trouver la forme fonctionnelle appropriée. Le choix de la relation économétrique entre les variables est très délicat.

La difficulté d'appréhender la forme exacte des relations entre les variables amène souvent à exploiter les formes fonctionnelles déjà explorées si elles ont produit de bons résultats. En matière de valorisation des actifs naturels par la fonction de profit, on a eu recours à deux principaux types de spécification fonctionnelle, la fonction de profit de type Cobb-Douglas.

Pour notre cas, la fonction de profit Cobb-Douglas d'un producteur qui emploie n facteurs variables (intrants), f facteurs fixes et g facteurs d'environnement[44] pour obtenir b produits est de la forme suivante :

$$\pi(\mathrm{p}, \mathrm{w}, \ \mathrm{Z}, \mathrm{E}) = \mathrm{A}.\prod_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{wr_i}^{\ \alpha_\mathrm{i}}.\ \prod_{r=1}^{b} pn_r^{\ \delta_r}.\prod_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{f}} \mathrm{Z_j}^{\ \beta_j} \prod_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{g}} \mathrm{E_k}^{\ \varphi_k}$$

où A est une constante qui caractérise le producteur

wr_i : prix normalisé de l'intrant i (déflaté par le coût unitaire de la vaccination)

pn_r: prix normalisé du produit r (déflaté par le coût unitaire de la vaccination)

Z_j : jième facteur fixe

φk : le kième facteur d'environnement

α_i, β_j, δ_r, et φ_k sont de paramètres avec

La sommation de α_i est structement inférieure à une unité. on écrit donc: $\sum_{n=1}^{n} < 1$

[44] La fixité est entendue au sens que le producteur ne peut pas modifier de façon significative la qualité ou la quantité du facteur dans le court terme. Une distinction est cependant faite car cette réalité est encore plus perceptible pour les variables environnementales comme la pluie et le pâturage qui échappent à son contrôle.

Cette condition est fondamentale pour la maximisation du profit car des rendements d'échelle croissants ou constants sont incompatibles avec un objectif de maximisation.

S'agissant de l'estimation, l'équation de la page precedente est linéarisée par une transformation logarithmique et sa forme stochastique est obtenue en ajoutant un terme d'erreur:

$$ln\,\pi(p,w,z,E) = ln\,A + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i\, ln\, wr_i + \sum_{r=1}^{b} \delta r\, ln\, pn_r + \sum_{j=1}^{f} \beta j\, ln\, Z_j + \sum_{k=1}^{g} \varphi_k \ln E_k + \varepsilon_i$$

i = 1, ..., 5 ; r = 1, 2 ; j = 1 et k = 1, 2

ln est le logarithme népérien

ε_i est une perturbation aléatoire; incorporant les erreurs de spécification, les erreurs de mesure, c'est-à-dire tout ce qui a été omis par le modèle.

a. Spécification des modèles analytiques de la fonction de demande d'intrants

La spécification des modèles analytiques des fonctions de demande et d'offre de chaque intrant et produit pris en compte dans notre recherche par la méthode probit est:

$Ln\left(\frac{pi}{1-pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 spaisss1 + \beta_2 typel + \beta_3 age + \beta_4 pluv + \beta_5 paturage + \beta_6 pspaisss1 + u_i$

$Ln\left(\frac{pi}{1-pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 spaisss2 + \beta_2 typel + \beta_3 age + \beta_4 pluv + \beta_5 paturage + \beta_6 pspaisss2 + u_i$

$Ln\left(\frac{pi}{1-pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 spaisss5 + \beta_2 typel + \beta_3 age + \beta_4 pluv + \beta_5 paturage + \beta_6 pspaisss5 + u_i$

$Ln\left(\frac{pi}{1-pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 paillrisss1 + \beta_2 typel + \beta_3 age + \beta_4 pluv + \beta_5 paturage + \beta_6 ppaillrisss2 + u_i$

$Ln\left(\frac{pi}{1-pi}\right) = \beta_0 + \beta_1 paillrisss2 + \beta_2 typel + \beta_3 age + \beta_4 pluv + \beta_5 paturage + \beta_6 ppaillrisss2 + u_i$

Où les variables sont spécifiées comme suit :

β_0: est la constante

$\beta_{1.....}\ \beta_7$: sont les coefficients des variables explicatives

Spaisss1 : sous produit agro-industriel utilisé (son de riz pour notre cas)

Typel : le type d'élevage pratiqué; 1 si élevage extensif, 0 si non

Age : l'âge de l'exploitant

Pluv : les pluviométries de la campagne agricole écoulée (en mm)

Pâturage : la distance parcourue sous la contrainte alimentaire (en km)

pspaisss1 : prix du son de riz (en Frs Bu)

spaisss2 : le sel en graine

pspaisss2 : le prix du sel en graine (en Frs Bu)

spaisss5 : sous produit agro industriel (le son de maïs pour notre cas)

pspaisss5 : prix du son de maïs (en Frs Bu)

paillrisss1 : le sous produit de culture (pailles de riz pour notre cas)

ppaillrisss1 : prix de pailles de riz (en Frs Bu)

paillrisss2 : le sous produit de culture (tiges de maïs pour notre cas)

ppaillrisss2 : prix des tiges de maïs (en Frs Bu)

b. Spécification des modèles analytiques de la fonction d'offre de produits

Ln $(\frac{pi}{1-pi})$ = β_0+ $\beta_1$ventanim+ $\beta_2$typel + $\beta_3$age + $\beta_4$pluv + $\beta_5$paturage + $\beta_6$pventanim + $\beta_7$tbovin + u $_i$

Ln $(\frac{pi}{1-pi})$ = β_0+ $\beta_1$qlait+ $\beta_2$typel + $\beta_3$age+ $\beta_4$pluv + $\beta_5$paturage + $\beta_6$plait + β_7 tbovin + u $_i$

Tbovin: capital animal en têtes de bovins du ménage

Ventanim : l'offre du bétail au marché des produits

Pventanim : prix de vente des animaux sur le marché des produits

qlait: quantité de lait en litres produit et vendue par exploitant

Plait : le prix du lait (en Frs Bu)

Les autres variables sont déjà définies dans les fonctions de demandes.

IV.7. Analyse de données

Le traitement et l'analyse de données sont portés sur les informations de description des caractéristiques socioéconomiques des éleveurs, la pratique et la gestion de l'élevage, l'analyse des contraintes et des perspectives, la perception des éleveurs bovins de l'état des ressources pastorales et des changements dans la pratique de l'élevage en cas de variations négatives des ressources naturelles. L'analyse statistique est portée essentiellement sur les fréquences et les comparaisons de moyennes entre les éleveurs dans la gestion des ressources naturelles et l'adaptation au changement climatique pour l'alimentation de leurs bovins, à l'aide des logiciels spécialisés en la matière KoboCollect et STATA.

Ainsi, le modèle est porté sur la fonction de demande de chaque intrant (son de riz, sel, son de maïs) pour les SPAI, le sel et (pailles de riz, tiges de maïs) pour les résidus de cultures et sur la fonction d'offre de chaque produit (bovin et lait) retenus dans cette étude. Les estimations par probit nous ont permis de vérifier les hypothèses de la recherche.

CHAPITRE V. DESCRIPTION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats issus de l'enquête, l'application du modèle développé au chapitre quatre, l'interprétation et la discussion des résultats. Il comprend quatre sections. La première section caractérise globalement la zone d'étude tandis que la deuxième met en évidence les stratégies de production pastorale et gestion des ressources, la troisième décrit les facteurs de production variables et enfin la quatrième section présente et discute les principaux résultats économétriques de l'étude.

V.1. Typologie des systèmes d'élevage

Dans ces sites, on y distingue deux types différents de systèmes d'élevage à savoir le système extensif sur des parcours naturels avec des races locales peu productives et le système en stabulation permanente avec des races laitières améliorées. Les mesures prises par les autorités administratives empêchant la circulation des vaches dans la capitale Bujumbura, notamment aux abords du Lac Tanganyika ou dans les localités du Parc National de la Rusizi ont poussé les éleveurs à conduire autrement l'élevage dans ces zones malgré la non disponibilité/possession de plantations artificielles de fourrages.

C'est ainsi que la vente des fourrages sous forme de marché a vu jour pour tenter de faire face à cette contrainte. En effet, lorsqu'on traverse la Route Nationale 5 (RN5 : Bujumbura-Cibitoke), on aperçoit des taxis-vélos transportant des tas d'herbes vertes. Un « marché de fourrages » a été érigé non loin du Cimetière de Mpanda. On comprend bien que les éleveurs de cette localité mais habitant pour la plupart la capitale Bujumbura, s'approvisionnent en fourrage sur ce marché pour alimenter leurs animaux.

Ces éleveurs se voient ainsi obligés d'investir davantage dans l'achat de ce fourrage, et il y a lieu de penser que les prix du lait pourraient se voir revus à la hausse eu égard aux distances parcourus et aux efforts fournis par les transporteurs, à vélo pour la plupart, pour atteindre les points de collecte et/ou de vente de lait de Bujumbura, mais aussi les éleveurs pour assurer le suivi de leurs étables.

Au regard de ce qui précède, ce mode d'alimentation des bovins apparaît comme une nouveauté dans les systèmes d'élevage connus au Burundi. Dans le cadre de cette étude, l'attention est focalisée sur la performance de ces deux systèmes d'élevage en cas de variations négatives des actifs naturels utilisés comme intrants.

Au cours de notre enquête nous avons pu distinguer les principaux écosystèmes préférés par les éleveurs pour leur qualité.

V.2. Espèces fourragères préférées

Le tableau ci-après indique la liste des espèces fourragères préférées par les éleveurs bovins périurbains pour des raisons de leur qualité disent-ils. Un constat est que dans cette liste, il n'y a aucune espèce de légumineuse (Fabaceae). Cependant, les informateurs nous ont aussi signifié que tout dépend des périodes de l'année. Par exemple, en saison pluvieuse, les espèces comme *Commelina diffusa* (Inteza) et les cordes de patate douce occasionnent des diarrhées. Ils ont aussi mentionné une espèce de graminée qualifiée de dernière qualité, «urwanga» en Kirundi.

Tableau 1 : Liste des espèces fourragères naturelles sollicitées par les éleveurs au marché de fourrage de Buringa pour leur qualité

Le tabeau 1 qui suit montre les espèces fourragères sollicitées par les éleveurs pour leurs qualités nutritives.

N^0	**Famille**	**Nom scientifique**	**Nom vernaculaire Kirundi**
1	Commelinaceae	Commelina diffusa Burm.f.	Inteza
2	Poaceae	Cynodon nlemfuensis Vanderyst	Urucaca
3	Poaceae	Digitaria nuda Schumach.	Inyegeshi
4	Poaceae	Leersia hexandra Sw.	Agakera
5	Poaceae	Melinis minutiflora P. Beauv.	Urunyamavuta
6	Poaceae	Oryza longistaminata A. Chev. & Roehr.	Ikinywabuki
7	Poaceae	Panicum maximum Jacq.	Inkaranka
8	Portulacacea	Portulaca oleracea L.	Matako ya bibi

Source : *Produit par l'auteur*

Dans les zones périphériques de Bujumbura, la capitale économique du pays, l'élevage y est pratiqué, mais comprend essentiellement des troupeaux de vaches traditionnelles et vaches laitières de races améliorées. Plus particulièrement, les sites de Buringa et Maramvya qui sont localisés respectivement en communes Gihanga de la Province Bubanza et Mutimbuzi de la Province Bujumbura, non loin de l'Aéroport International de Bujumbura, disposent d'un grand nombre de têtes de bovins qui assurent par conséquent une production importante du lait consommé dans la ville de la capitale burundaise.

Dans les trente dernières décenies, la plupart des ces vaches se trouvait à l'intérieur du Parc National de la Rusizi (actuellement réserve naturelle de la Rusizi) Secteur palmeraie (Rukoko) et d'autres dans la ville de Bujumbura et ses environs.

Dans ces sites, on y distingue deux types différents de systèmes d'élevage à savoir le système extensif sur des parcours naturels avec des races locales peu productives et le système en stabulation permanente avec des races laitières améliorées. Les mesures prises par les autorités administratives empêchant la circulation des vaches dans la capitale Bujumbura, notamment aux abords du Lac Tanganyika ou dans les localités du Parc National de la Rusizi ont poussé les éleveurs à conduire autrement l'élevage dans ces zones malgré la non disponibilité/possession de plantations artificielles de fourrages.

C'est ainsi que la vente des fourrages sous forme de marché a vu jour à Buringa pour tenter de faire face à cette contrainte.

Un vélo contenant trois bottes coute entre 5500 Frs Bu et 8000 Frs Bu alors que dans les vingt dernières années on payait seulement le transport. L'herbe spontanée est la principale source de l'alimentation du bétail dans cette région à cause de l'absence des plantations artificielles du fourrage.

V.3. Analyse descriptive des données de l'enquête

V.3.1. Analyse de la demande des intrants comme facteurs productions

L'enquête s'est déroulée dans les communes périurbaines de la ville de Bujumbura et a concerne 30 exploitants/éleveurs bovins dont quinze éleveurs sont pratiquent l'élevage de bovins extensifs et dont les quinze autres pratiquent l'élevage de bovins intensif.

Lors de notre enquête, nous avons trouvé que la moyenne de bovins par éleveur est estimée à 15,57 soit 16 bovins par éleveur car il n'y a pas de moitié bovin. En moyenne la proportion des morts est de 3,40 pour les trente exploitants enquêtés.

V.3.1.1. Demande des SPAI

La figure suivante montre les fréquences de participation des trente exploitants (éleveurs) au marché des SPAI et du sel utilisés comme intrants sur les deux dernières campagnes agricoles écoulées.

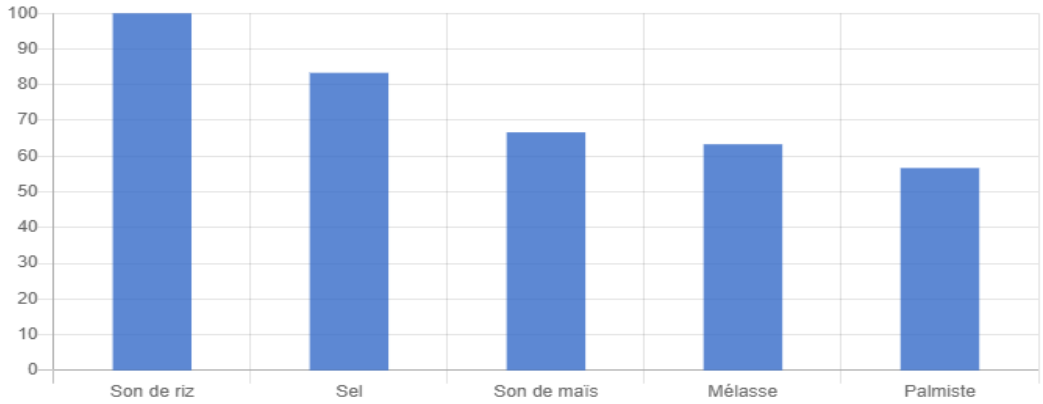


Figure 9 : Utilisation des SPAI dans les deux dernières campagnes agricoles écoulées (2016-2017 et 2018-2019)

En effet, 30/30 soit 100% des exploitants ont acheté le son de riz, 25/30 soit un taux de 83,33% ont acheté le sel, 20/30 soit 66,67% on acheté le son de maïs, 19/30 soit un taux de 63,33% on acheté la mélasse et 17/30 soit un taux de 56,67% ont acheté le palmiste.

Le tabeau 2 qui suit indique les qauntités de chacun des quatre SPAI et du sel pris en compte, utilisés par l'éleveur dans les deux dernières campagnes agricoles.

Tableau 2: Quantités moyennes des SPAI achetées par les éleveurs enquêtés dans les deux campagnes agricoles écoulées (2016-2017 et 2018-2019)

Années / SPAI	2016	2017	2018	2019
Son de riz	21,77	22,73	23,80	25,67
Sel	1,47	1,70	1,73	1,63
Son de maïs	4,60	4,37	4,00	5,67
Mélasse	3,07	3,17	2,93	4,00
Palmiste	6,13	6,57	7,20	7,97

Source : Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Ces chiffres sont des moyennes des quantités de SPAI utilisées par les éleveurs enquêtés pour chaque année. Les unités de ces quantités sont respectivement un sac de 50kg pour le son de riz, le son de maïs et le palmiste; un sac de 25kg pour le sel et un bidon de 30l pour le mélasse. A côté des SPAI qui sont décrits dans le tableau ci-dessus, la moyenne de pierres à lécher utilisée par ces éleveurs est de 4,57 pierres à lécher par éleveur.

La moyenne d'adultes qui se consacrent à l'élevage comme main d'œuvre familiale est de 0,13 dans la saison sèche et dans la saison pluvieuse. Le prix moyen d'une pierre à lécher est de 6000,00 Fbu en 2019.

Le tableau 3 indique les moyennes des prix en francs burundais de chaque (SPAI) intrant pris en compte. Il montre aussi les moyennes pondérées de ces (SPAI) dans les deux dernieres campagnes agricoles.

Tableau 3: La moyenne des prix des SPAI par unité en francs burundais dans les deux campagnes agricoles écoulées (2016-2017 et 2018-2019)

Années / **SPAI**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**Moyenne pondérée**
Son de riz	7350,00	9883,33	11900,00	15000,00	11033,33
Sel	10550,00	11200,00	12300,00	113200,00	12812,52
Son de maïs	15933,33	15966,67	15000,00	17100,00	16000,00
Mélasse	5270,00	6266,67	7420,00	9000,00	6989,17
Palmiste	9533,33	9983,33	11666,67	11666,67	10712,50

Source : Auteur à partir des données de l'enquête

Le tableau 4 indique les composantes du prix de revient d'un litre de lait entre deux periodes (1990 et 2016). Il montre la part de chacun des éléments considérés dans la production d'un litre de lait.

Tableau 4. Composantes du prix de revient d'un litre de lait dans la zone d'étude

Composantes	Périodes		Poids de chaque composante	
	1990	2016	1990	2015
Fourrage spontané	-	9,04	-	3%
Fourrage cultivé	-	56,05	-	20%
Résidus	-	161	-	57%
Complémentation	-	10,81	-	4%
Bloc lécher	-	2,1	-	1%
Étable	0,67	11,88	44%	4%
Soins	0,23	0,65	15%	0%
Équipements	-	4,3	-	2%
Salaire	0,63	27,17	41%	10%
Coût/ litre	1,53	283,32	100%	100%

Source : Rapport définitif sur l'Etude des systèmes d'alimentation bovine dans les zones de repeuplement bovin, janvier 2016

En 2015, les composantes du prix de revient révèlent que les dépenses sont plus orientées vers les résidus (57%) suivi dans l'ordre par le fourrage cultivé (20%), la main d'œuvre (10%). Le fourrage spontané et la complémentation sont proportionnelles respectivement 3% et 4%. On constate que le coût des soins vétérinaires est presque sont de 15%.

Par contre, en 1990 les coûts en fourrage spontané, en fourrage cultivé, en complémentation, et en étables ne sont pas bien ventilés. Ils représentent 44% des dépenses totales. Le coût du personnel est 41% et on le payait soit en nature (lait et/ou nourriture), soit en monnaie (Frs Bu). La main d'œuvre de 1990 apparaît être une lourde charge pour les éleveurs de cette zone en 1990 tandis que pour ceux de 2015 les grandes dépenses sont orientées vers l'alimentation du bétail.

V.3.1.2. Demande des résidus de récolte comme intrants

Les éleveurs utilisent les résidus des récoltes soit comme substituts des pâturages naturels, soit comme la complémentation de leur troupeau 30 sur 30 cas enquêtés utilisent ces intrants.

Le prix unitaires moyen des pailles de riz est de 6833,33 Frs bu en saison sèche et de 4983,33 Frs bu en saison des pluies. Celui des tiges de maïs est 10466,67 Frs bu en saison sèche et de 9016,67 Frs bu en saison des pluies alors que celui des fanes de patate douce est 8166,67 Frs bu en saison sèche et de 3633,33 Frs bu en saison des pluies. Les quantités des résidus de récolte sont exprimées soit en bottes et ou soit on regarde la quantité se trouvant sur un vélo et on négocie. On dit communément « en vélo ».

V.3.1.3. Quelques résultats zootechniques

Le tableau 5 a montré que la moyenne des animaux soignés est 13,07 bovins. Le coût moyen des soins par bovin est estimé à 5733,33 Frs bu par an alors que le cout total moyen des soins pour tous les animaux soignés est de 49783,33 Frs bu par an (l'an 2019). La distance moyenne separant l'infrastructure de vaccination l'eleveur est de 2,24 km.

Tableau 5. Quelques résultats zootechniques

Moyenne	Médiane	Mode	Déviation standard
13.07	10.00	7.00	7.49

Moyenne	Médiane	Mode	Déviation standard
5733.33	4000.00	5000.00	10286.19

Moyenne	Médiane	Mode	Déviation standard
49783.33	35750.00	28000.00	36861.97

Moyenne	Médiane	Mode	Déviation standard
2.24	1.25	1.00	4.54

Donc, ici le constat est que tous les éleveurs utilisent une main d'œuvre salariale pour toutes les périodes de l'année. 100% des éleveurs enquêtés utilisent en moyenne 1,20 main d'œuvre salariale par an. La moyenne de la rémunération de cette main d'œuvre est de 372500,00 Frs bu en saison sèche (qui dure 5mois) et de 533500,00 Frs bu en saison des pluies (qui dure 7mois). Le salaire annuel moyen est de 895600,00 Frs bu (ces moyennes sont des moyennes globales). Tous les éleveurs enquêtés (30/30 éleveurs) produisent du lait en saison sèche et en saison des pluies mais a des proportions différentes.

D'après les informations issues de l'enquête, c'est pendant la saison sèche que l'on produit une grande quantité de lait pour plusieurs raisons. Les raisons principales sont la matière sèche et l'hygiène. Les quantités moyennes de lait produit pendant les deux saisons sont respectivement de 40,83 litres en saison sèche et de 34,93 litres en saison des pluies.

Pendant la saison des pluies les bovins ne reçoivent pas de la matière sèche et leurs enclos sont pleins de bout. Il y a des cas même où ces bovins ne boivent plus de l'eau alors que l'eau est un élément important pour les vaches laitières ou allaitantes.

Étant donné le climat chaud de cette zone, pendant la saison sèche, ces bovins consomment beaucoup d'eau, mangent de la matière sèche et se reposent dans un droit vivable ce qui donnent une meilleure production du lait.

V.3.1.3.1. Inventaires des animaux des éleveurs enquêtés selon l'âge et le sexe

La figure suivante montre l'effectif des bovins femelles par tranches d'âge. Les tranches d'âge en abscisse sont en désordre suite à l'ordre décroissant des effectifs des bovins femmelles par tranches d'âge. Le logiciel utilisé reconnaît la succession des effectifs dans l'ordre décroissant et ne tient pas compte de la succession des tranches d'âge dans l'ordre croissant. Ces effectifs sont exprimés en pourcentage.

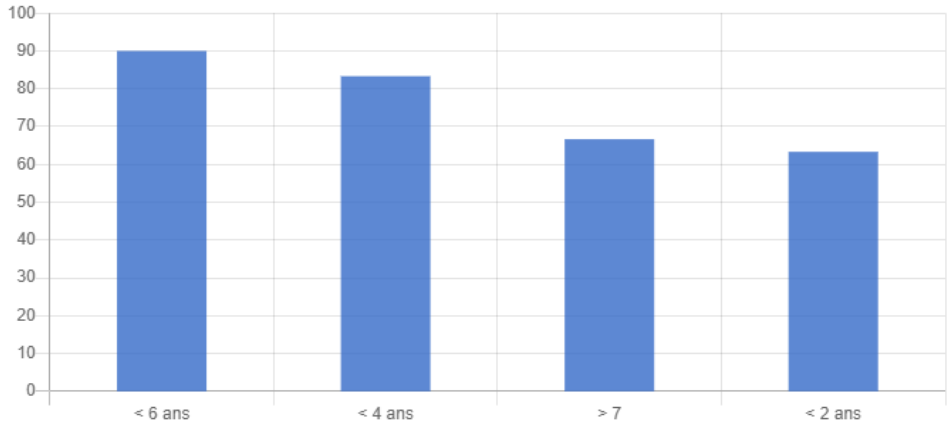


Figure 10: Femelles selon l'âge

De cette ficgure, on constate que 27/30 des éleveurs bovins enquêtés ont des bovins femelles âgés de moins de 6 ans et 25/30 des éleveurs de bovins enquêtés ont des bovins femelles âgés de moins de 4 ans, soit (83,33%). 66,67% des éleveurs bovins enquêtés ont des bovins femelles qui ont un age inférieur à 7 ans. Et enfin, 19/30 éleveurs bovins enquêtés ont des bovins femelles âgés de moins de 2 ans.

La figure suivante montre l'effectif des bovins mâles par tranches d'âge. Les tranches d'âge en abscisse sont en ordre croissant suite à l'ordre décroissant des effectifs des bovins mâles par tranches d'âge ce qui est tout à fait contraire au cas précédent. Ces effectifs sont exprimés en pourcentage.

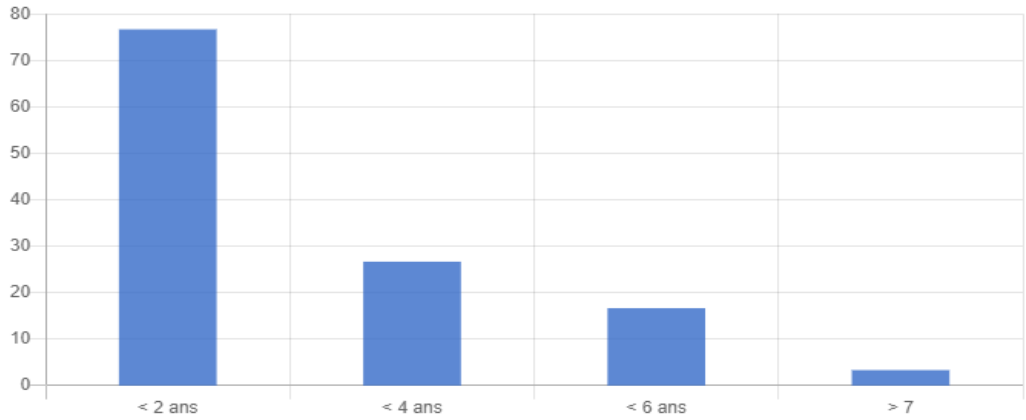


Figure 11 : Inventaires des animaux mâles des éleveurs enquêtés selon l'âge

De cette figure, nous remarquons que 23/30 éleveurs bovins enquêtés (76,67%) ont des bovins mâles âgés de moins de 2 ans, 8/30 éleveurs bovins enquêtés (26,67 %) ont des bovins mâles âgés de moins de 4 ans, 5/30 éleveurs bovins enquêtés (16,67%) ont des bovins mâles âgés de moins de 6 ans et enfin 1/30 éleveurs bovins enquêtés ont des bovins mâles âgés de moins de 7 ans.

La figure 11 montre l'ampleur et la conception des problèmes des ressources naturelles existant entre les entre les éleveurs les agriculteurs.

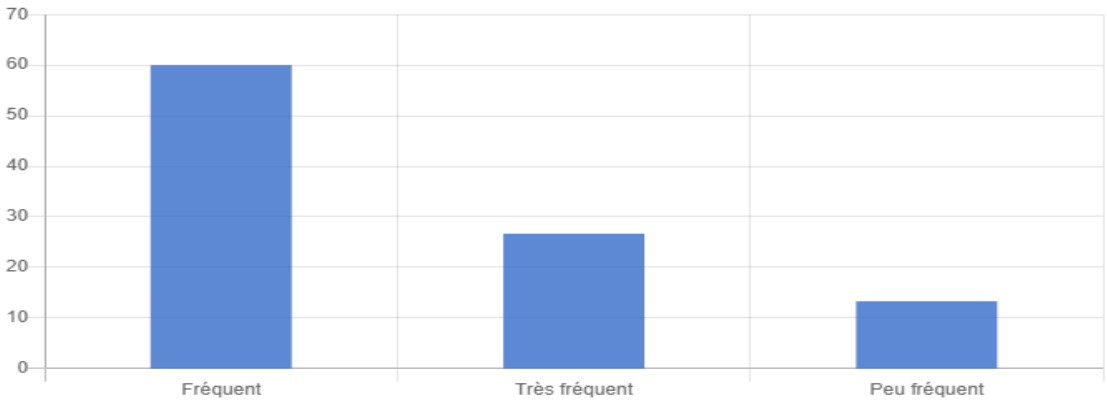


Figure 12 : Ampleur des problèmes de gestion des ressources naturelles entre éleveurs et agriculteurs

Sur cette figure, nous constatons que 18/30 des éleveurs enquêtés (60%) se sont exprimés en disant que les conflits entre éleveurs et agriculteurs sont fréquents alors que 8/30 des éleveurs enquêtés (26,67%) se sont exprimés en disant que les conflits entre eux et agriculteurs sont très fréquents. Les quatre éleveurs sur les trente des éleveurs enquêtés (13,33%) quand eux trouvent que les conflits sont moins fréquents.

La figure suivante montre les sources de conflits entre les différents utilisateurs des ressources naturelles. Pour notre cas, il s'agit pricipalement de deux activités, qui, tantôt perçues comme complémentaires, tantôt comme concurrentes.

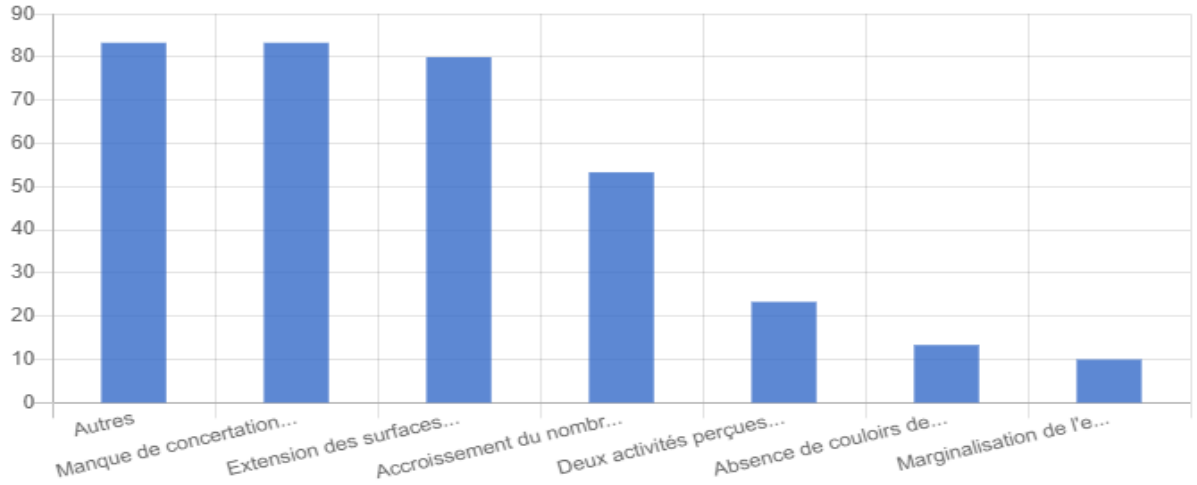


Figure 13 : Sources de conflits

Cette figure montre que 83,33% des éleveurs enquêtés ont dit que les sources de conflits sont pour la gestion de l'espace rural et autres. Alors que 80% de ces éleveurs disent que la source de conflits c'est l'extension des cultures, 53,33% ont dit que l'accroissement du nombre des éleveurs serait la source de ces conflits alors que 23,33% voient que les deux activités sont perçues comme concurrentes et non complémentaires par les deux parties (agriculteurs et éleveurs).

Les 13,33% des éleveurs bovins enquêtés se sont exprimés en disant que la source des conflits est l'absence de couloirs de passage pour le bétail. Enfin, les 10% des éleveurs bovins enquêtés ont dit que la marginalisation de l'élevage/ préférence pour l'agriculture est la source de ces conflits.

V.3.2. Vente des produits

La figure 14 indique la destination du fumier produit les bovins des éleveurs enquêtés. Il met en evidence l'effectif des eleveurs qui vendent du fumie, qui l'utilisent pour la fertilisation de leur champ, qui le donnent au cultivateur en contrepartie pour avoir les residus de culture.

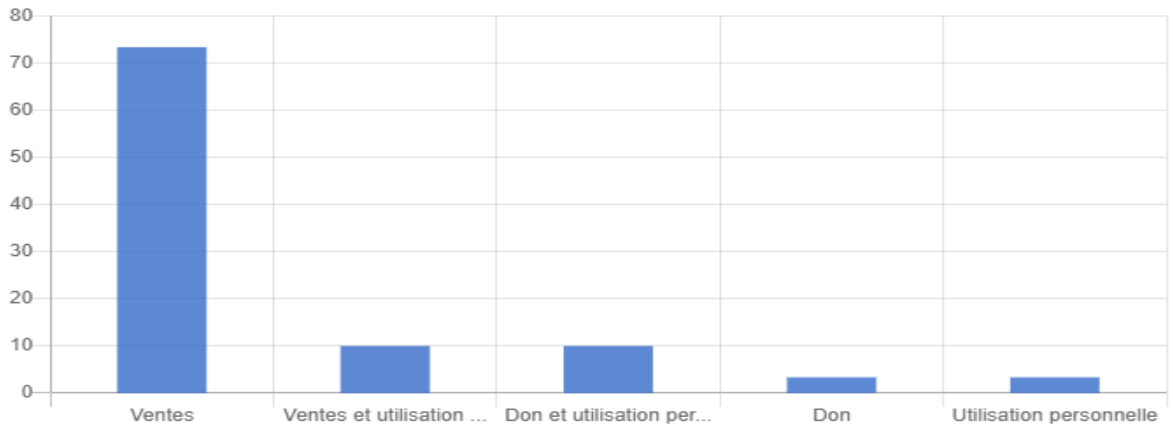


Figure 14 : Vente et utilisation du fumier

D'après les données, 21/30 soit un taux 70% des éleveurs enquêtés n'ont pas de contrat avec le FOMI à cause de la présence d'un mauvais sol (sol très sableux) qui transforme la qualité du fumier produit. Mais ils ont dit qu'ils peuvent vendre leur fumier au cas où le FOMI trouve que la qualité du fumier est appréciable. Neuf seulement sur trente 9/30 soit un taux de 30% des éleveurs enquêtés ont un contrat de vente avec le FOMI.

73,33% des éleveurs enquêtés vendent leur fumier, 10% des éleveurs enquêtés le vend et l'utilise pour la fertilisation de leur champ, 3,33% donnent aux cultivateurs pour qu'en contre parties les agricultures donnent résidus de la récolte au moment de la récolte. Enfin, 3,33% des éleveurs enquêtés utilisent la totalité de leur fumier[45].

V.3.2.1. Vente et achat d'animaux des bovins

L'enquête nous a montre que 70% des éleveurs enquêtés ont vendu des troupeaux alors que 30% des éleveurs n'ont vendu aucun animal. Parmi les animaux vendus, les femelles représentent une moyenne de 0,30 (moins d'une femelle), avec l'âge moyen de 1,07 an et le prix moyen de vente est de 380000,00 Frs bu l'année écoulée. La moyenne des bovins mâles vendus représente 0,20 leur âge moyen est de 0,53 an et leur prix de vente moyen est de 439333,43 Frs bu.

[45] Enquête faite par l'auteur

Par contre, l'enquête nous a montré que 66,66% des éleveurs enquêtés ont acheté des bovins dont les femelles représentent 0,33, leur âge moyen est de 1,00 année et leur prix moyen d'acquisition est estimé à 456666,67 Frs bu. Les mâles achetés représentent une moyenne de 0,17 ayant comme âge moyen de 0,50 an et le prix moyen d'acquisition est de 312666,67 Frs bu.

La figure 15 indique la gestion des pâturages suivant la réglementation de l'autorité administrative ou suivant leur volonté (accès libre).

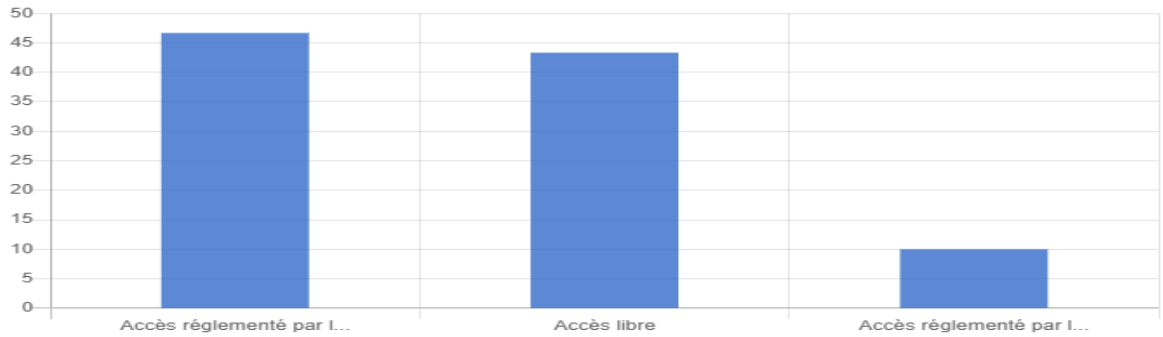


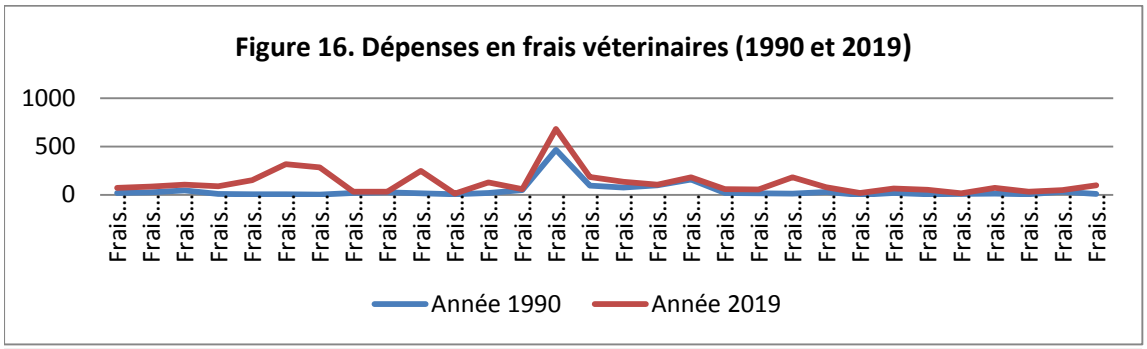
Figure 15 : Gestion des pâturages

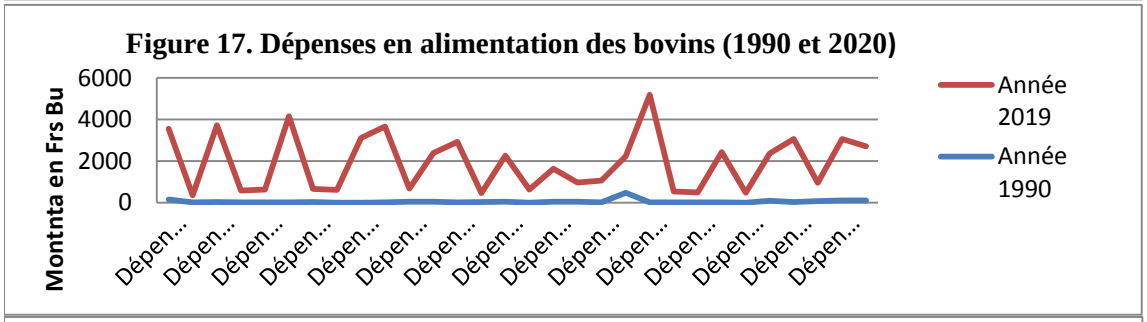
Cette figure montre que l'accès des éleveurs aux pâturages a étté affirmé par 46,67% des éleveurs enquêtés et que cet accès aux pâturages est réglementé par l'autorité administrative tandis que l'accès aux pâturages est libre pour 43,33% et que l'accès aux pâturages est réglementé par l'autorité des éleveurs pour 10% des éleveurs enquêtés.

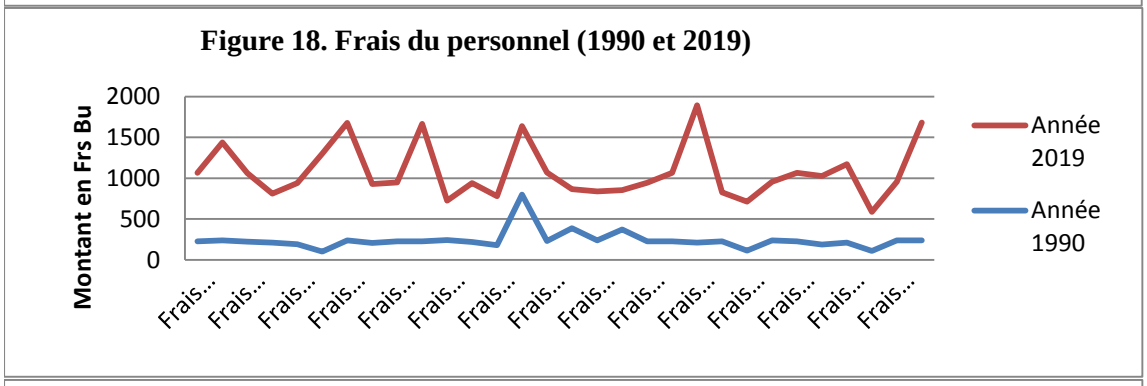
Dans cette optique, 56,67% d'éleveurs enquêtés sont membres des associations comme « Associations des Éleveurs Bovins de Buringa » (AEBB), Association Tugaburire Ibitungwa,…. Tandis que 43,33% d'éleveurs des bovins enquêtés ne sont pas membres d'aucune association. L'enquête a montré que 70% des éleveurs bovins enquêtés participent à l'établissement des règles alors que 30% de ces derniers n'en participent pas[46].

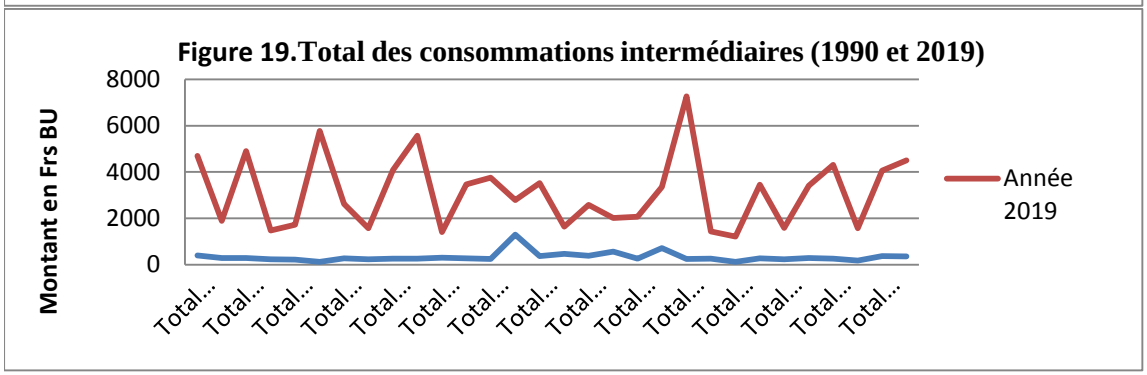
Les figures 16, 17, 18 et 19 montrent la comparaison des consommations intermédiaires de 1990 et 2019 des éleveurs enquêtés.

[46] Enquête faite par l'auteur









Figures 16, 17, 18 et 19: Comparaison des consommations intermédiaires de 1990 et 2019 des éleveurs enquêtés

ur la figure 16, on constate que les frais du personnel de l'année 2020 atteignent un niveau maximal de 1.680 Frs Bu (en milliers) alors que son niveau minimal est de 480 Frs Bu (en milliers). En 1990, le niveau maximal des frais du personnel couvre seulement 799 Frs Bu (en milliers) et son niveau minimal est de 101 Frs Bu (en milieu).

La figure 19 met en évidence les dépenses en produit phytosanitaires, les frais vétérinaires de l'année 2019 couvrent le niveau maximal de 312 Frs Bu (en milliers) et son niveau minimal est de 5 Frs Bu (en milliers). En 1990, le niveau maximal des frais phytosanitaires est de150 Frs Bu (en milliers) alors que son niveau minimal est de 1 Frs Bu (en milliers) dans la même période.

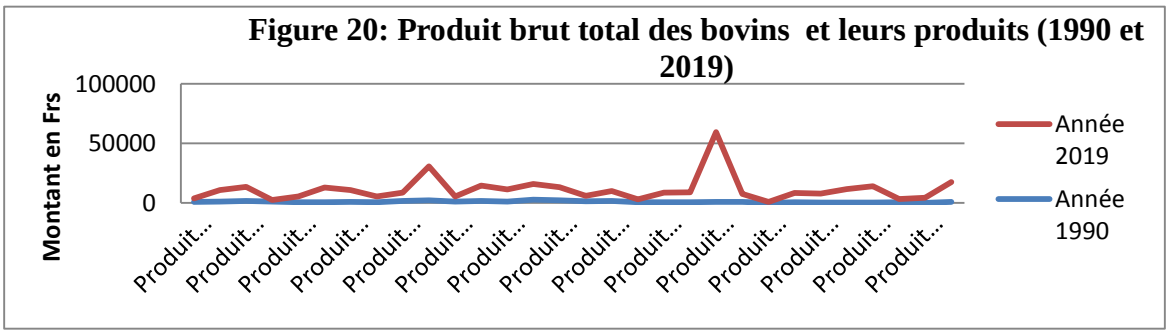
Quant à la figure 17, nous constatons que le total des dépenses en alimentation des bovins atteint un niveau maximal de 5.176 Frs Bu (en milliers) en 2019. Dans la même période, le niveau minimal est 340 Frs Bu toujours en milliers. En 1990, le niveau maximal des dépenses en alimentation des bovins est de 470 Frs Bu (en milliers) alors que son niveau minimal est 1 Frs Bu (en millier).

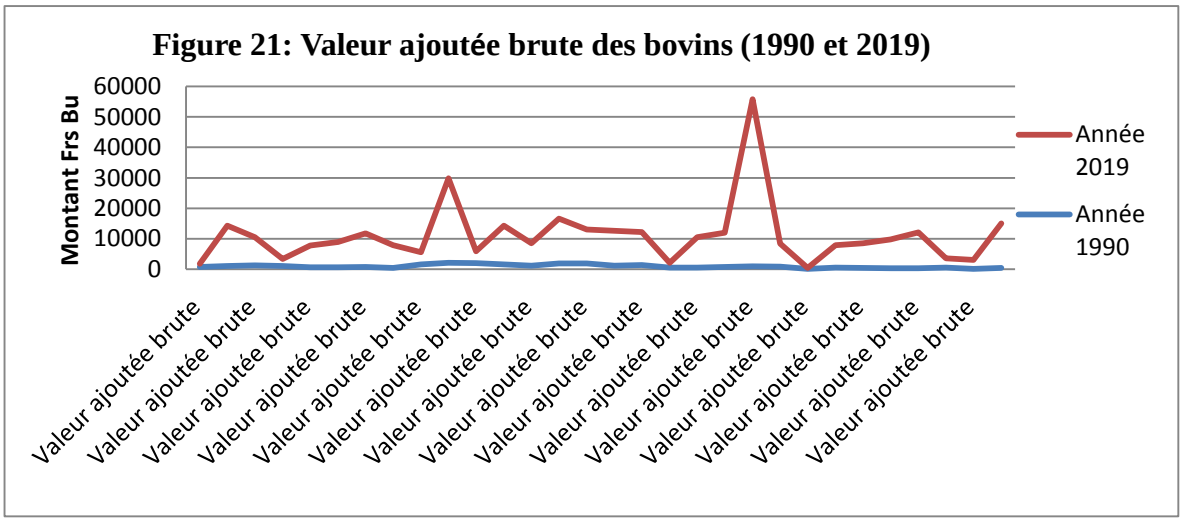
La figure 18 indique l'augmentation des dépenses dans la rémuneration du personnel. En 2019, ces 1900 frs Bu (en millier) alos qu'en 1990 ces frais étaient de 740 Frs bu(en millier). Enfin, la figure 18 indique les consommations intermédiaires totales en 2019 atteignaient le niveau maximal de 7730 Frs bu (en milliers) alors que celles de 1990 atteignaient seulement le maximum de 1680 Frs bu (en milliers).

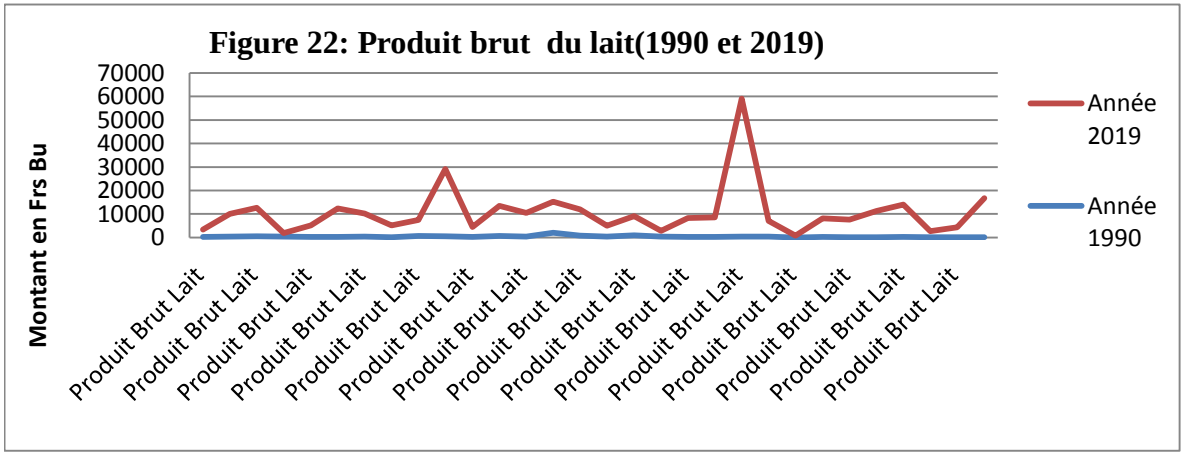
On constate qu'il est un écart très considérable pour les dépenses en alimentation de ces deux années. Cela montre que dans les années 1990 on faisait souvent recourt aux pâturages naturels (élevage transhumant et extensif).

En conclusion, il existe un écart très considérable entre les différentes dépenses qui est dû à l'inflation. Mais l'effectif des bovins à nourrir, à soigner ainsi que l'effectif et les tâches de la main d'œuvre est différent dans les deux périodes et pour les exploitants enquêtés.

Les figures 20, 21 et 22 montrent la comparaison du produit brut de 1990 et de 2019 des éleveurs enquêtés.







Figures 20, 21 et 22 : Comparaison du produit brut de 1990 et 2019 des éleveurs enquêtés

Sur la figure 20, on constate que le produit brut total (vente des bovins et leurs produits) attegnaient le sommet de 60.000 Frs Bu (en milliers) en 2019 alors que celui de 1990 atteignaient seulement 25000 Frs Bu (en milliers). En effet, en 2019, nous avons ajouté le montant issu de la vente du fumier alors qu'en 1990 on ne vendait pas du fumier.

La figure 21 montre que la valeur ajoutée brute de 2019 est loin supérieure à celle de 1990. En effet, la valeur ajoutée maximale de 2019 est de 54.859 frs Bu (en milliers) alors que son niveau minimal est de 324 Frs Bu. Celle de 1990 atteint 2.106 Frs Bu (en milliers) pour son niveau maximal et celle de niveau minimal est de 138 Frs Bu (en milliers) pour son niveau minimal.

La figure 22 montre qu'il y a un écart très considérable entre la production du lait de 1990 et celle de 2020. En effet, la production brute du lait maximale de l'année 2019 est de 58.605 Frs Bu (en milliers) alors que celle 1990 est de 2.016 Frs Bu toujours en milliers. La production minimale de l'année 2019 est 696 Frs Bu tandis que celle de 1990 est de 49 Frs Bu (en milliers) seulement. Les courbes du graphique l'illustrent bien car le produit brut de 1990 est presque accolé sur l'axe des abscisses.

La figure 22 montre que la courbe du produit brut de la vente des vaches de 2019 atteint un sommet de 7.500 frs Bu (en milliers) alors son niveau minimal est de 0 Frs Bu car il y a des exploitants qui n'ont vendu aucune vache. Alors qu'en 1990 tous les exploitants enquêtés avaient vendu des vaches, le niveau maximal de leur produit brut est de 1.686 frs Bu alors que son niveau inferieur est de 112 Frs Bu.

V.4. Estimations et résultats économétriques

La procédure de l'estimation a été décrite dans le chapitre précédent. Les fonctions de demande d'intrants et d'offre de produits ont été estimées pour analyser le comportement adaptatif des éleveurs suites aux changements dans les variables influençant leur réaction.

V.4.1. Principe des tests de signification

Le test économétrique permet la validation l'impact des variables prises individuellement ou l'adéquation du modèle théorique à la réalité du terrain (modèle empirique). Les tests de signification individuelle des paramètres et d'adéquation d'ensemble de la régression sont les principaux tests utilisés pour l'appréciation de la validité du modèle.

V.4.2. Test de signification individuelle des coefficients

Le test de signification individuelle permet d'analyser la contribution individuelle d'une variable donnée à expliquer les variations la variable expliquée. Il s'appuie sur la statistique t de Student et repose sur deux hypothèses, l'hypothèse nulle stipulant que la variable prise individuellement ne contribue pas à expliquer les variations de la variable dépendante (demandes et offres) contre l'hypothèse alternative qui considère son paramètre différent de zéro. Le test est conduit en considérant un seuil de signification qui indique la probabilité d'erreur de prendre le paramètre estimé non nul alors qu'il est effectivement nul.

V.4.3. Tests d'adéquation d'ensemble des régressions

Le test d'adéquation de la régression apprécie la validité d'ensemble du modèle estimé. La statistique F de Fischer et le coefficient de détermination (R^2) sont utilisés pour conduire ce test. L'estimation ayant été faite par les MCO et avec des équations libres, le coefficient de détermination (R^2) dont le principe consiste à minimiser la somme des carrés des résidus est un bon indicateur de la qualité du modèle.

Le test F quant à lui repose sur l'hypothèse d'une nullité simultanée des paramètres estimés (tous les paramètres sont nuls) contre l'hypothèse alternative qu'au moins un des paramètres estimés est non nul. Lorsque l'hypothèse nulle n'est pas rejetée, toutes les variables introduites dans le modèle contribuent conjointement à expliquer les variations de la variable dépendante (ou expliquée). Au seuil de 5%, la statistique F empirique [$F_{0.05}$ (5, 24)] est de 1.16 et de 1.55 au seuil de 1%.

V.4.4. Test sur un groupe de paramètres

Ledit test porte sur un groupe de paramètres dont la signification jointe est recherchée. En ce qui concerne cette recherche, le test a porté sur le groupe des facteurs environnementaux (réduction des pâturages et pluviométrie) pour apprécier leur contribution à l'explication des demandes d'intrants et les offres de produits. Autrement dit, on teste l'hypothèse qu'une fois les autres variables (prix, capital animal) prises en compte, les variables environnementales n'ont pas d'effets sur les variations des demandes et des offres.

La statistique de Wald utilisée pour le test suit une loi de Khi-deux cinq degrés de liberté (dans notre cas). Au seuil de signification de 5%, sa valeur est de 11.07 contre 9.24 au seuil de 10%.

V.5. Modèles de participation aux différents marchés

Les données primaires collectées auprès de 30 éleveurs ont été utilisées pour les estimations des fonctions d'offre de produits et de demande d'intrants. Elles ont été précédées de l'estimation d'équations de participation à ces marchés. Le signe et l'ampleur des coefficients traduisent le sens de l'effet de chaque variable explicative sur la participation aux différents marchés. Les résultats sont résumés dans le tableau 5 (marchés des intrants) et le tableau 6 (marchés des produits) de la page suivante.

V.5.1. Participation aux marchés des intrants

Les variables utilisées pour expliquer la participation aux différents marchés semblent convenir. Le type d'élevage influence positivement et de façon significative la participation aux marchés des tiges de maïs mais son influence est très faible (de l'ordre du centième). La variable âge du chef de ménage a l'effet positif sur la demande des pailles de riz mais, au contraire, l'âge de l'éleveur a une influence négative et non significative sur la participation aux marchés des autres intrants pris dans ce modèle.

Les réductions pluviométriques incitent à participer au marché des intrants mais les coefficients positifs et significatifs pour le sel et les tiges de maïs. Au contraire, elles ont une influence négative et non significative sur le marché de son de riz. Le prix des intrants influence positivement et d'une façon significative la participation des différents intrants pris dans cette recherche. Ce résultat est intéressant pour le cas particulier du son de riz.

En fait, la réduction des pâturages a dissuadé certains éleveurs à prendre part aux marchés du son de riz où le coefficient est positif mais non significatif. En revanche, ce comportement diffère pour le son de riz et les autres intrants (sel, son de maïs, pailles de riz, tiges de maïs.

Le tableau 6 indique les résultats économétriques issus du modèle d'analyse.

Tableau 6: Résultats « Probit » de la participation au marché des intrants

VARIABLES EXPLICATIVES	**PARTICIPATION AU MARCHE DES INTRANTS**				
	Son de riz	**Sel**	**Son de maïs**	**Pailles de riz**	**Tiges de maïs**
Constante	-0.5117 (0.470)	1.3592 (0.652)	-1.10118 (0.744)	-1.9714 (0.866)	0.7683 (0.617)
Type d'élevage	-0.4480 (0.765)	-0.0033 (0.504)	0.05963 (0.684)	0.2925 (0.187)	0.94367*** (0.019)
Age de l'éleveur	-0.1339 (0.332)	-0.0366 (0.212)	-0.00317 (0.670)	0.04879** (0.119)	-0.0063 (0.237)
Prix de l'intrant	1.1887* (0.254)	0.4833* (0.047)	0.3727* (0.001)	2.2393* (0.002)	0.82076** (0.025)
Pâturage (réduction)	-0.4254 (0.151)	0.38929 (0.837)	0.1195 (0.334)	0.85296 (0.271)	0.51889 (0.868)
Pluviométrie	-0.6632 (0.361)	0.2780*** (0.141**)**	0.11446 (0.856)	0.27525 (0.190)	0.56947* (0.241)
F	1.55	2.53	3.99	17.07	4.98
R^2	0.1954	0.2493	0.2767	0.5623	0.241
χ^2	19.00***	12.81***	18.80***	24.44***	21.68***

****: Significatif au seuil de 1%, **: Significatif au seuil de 5% et ***: Significatif au seuil de 10%. Les chiffres entre parenthèse sont les statistiques t de Student.***

Toutes les variables présentées dans le modèle contribuent conjointement à expliquer les demandes d'intrants (rejet de l'hypothèse de nullité simultanée de tous les coefficients). La probabilité associée à Khi-carré est inférieure 1% à 10% pour toutes les fonctions de demande estimées dans ce modèle. Les coefficients de détermination (R^2) sont compris entre 0.1945 et 0.5623. Même le coefficient de détermination n'est pas significatif, toutes les variables pris en compte dans l'analyse, expliquent conjointement notre modèle car F est inférieur à 5%. En effet, 56% des variations des demandes d'intrants sont expliqués par les variables prises en compte dans le modèle.

V.5. 2. Participation aux marchés des produits

Les variables utilisées pour expliquer la participation aux marchés des produits ont également donné de bons résultats. Le type d'élevage influence négativement et non significatif la participation aux marchés des bovins alors qu'il influence positivement mais non significatif la participation aux marchés du lait. L'âge de l'exploitant a un effet tout a fait contraire à celui du type d'élevage. Les éleveurs intensifs des bovins ont tendance à vendre beaucoup du lait et moins de bœufs.

L'âge influence négativement et de façon non significative la participation au marché du lait mais il influence positivement et de façon non significative la participation aux marchés des bovins. Les personnes âgées ont tendance à vendre moins du lait. Les prix des animaux et du lait sont incitatifs et donc susceptibles d'accroître les probabilités de ventes; mais les paramètres sont faibles voire nuls (inférieurs à 0.003 pour le bœuf et 0.000 pour le lait) et sont positivement significatifs pour le lait et le bœuf (tableau 7).

Tableau 7 : Résultats « Probit » de la participation aux marchés des produits

VARIABLES EXPLICATIVES	PARTICIPATION AU MARCHE DES PRODUITS	
	Bovin	**Lait**
Constante	5.7322 (0.243)	-0.92034 (0.307)
Type d'élevage	-0.0404 (0.893)	0.56485 (0.256)
Age de l'éleveur	0.07928 (0.098)	-0.01598 (0.431)
Prix du produit	0.04358* (0.003)	0.12059** (0.000)
Pâturage (réduction)	3.8228* (0.582)	-1.1811** (0.150)
Pluviométrie	0.10327 (0.437)	0.03328 (0.375)
Têtes bovins	0.07057 (0.050)	-0.0142 (0.435)
F	3.37	28.52
R^2	0.3540	0.7680
χ^2	25.39***	12.06***

**** : Significatif au seuil de 1%, **: Significatif au seuil de 5% et *** : significatif à 10%***

La réduction des aires de pâture influence positivement et de façon significative la décision de vendre les bovins, son influence est forte, positive et significative aussi pour le lait.

Les variations pluviométriques ont une influence positive et non significative à la participation des marchés des bœufs et du lait. Mais son influence est forte.

L'effectif de têtes de bovins possédés (capital animal) accroît les probabilités de participation aux marchés de bœufs mais n'est pas significatif. Par contre l'effectif de têtes de bovins possédés influence négativement la participation au marché du lait mais son influence est forte.

Toutes les variables présentées dans le modèle contribuent conjointement à expliquer les offres de produits (rejet de l'hypothèse de nullité simultanée de tous les coefficients). La probabilité associée à Khi-carré est entre 1% à 10% pour toutes les fonctions d'offre estimées dans ce modèle. Les coefficients de détermination (R^2) sont compris entre 0.3540 et 0.7686 et traduisent bonne adéquation des modèles théoriques aux modèles empiriques d'offre. Ceci implique une bonne spécification du modèle. En effet, 76% des variations d'offre de produits sont expliqués par les variables prises en compte dans le modèle.

V.6. Analyse des élasticités

Cette section se consacre à l'analyse économique des relations entre les variables. Elle s'appuie sur les élasticités pour déterminer la nature économique des biens (complémentaires ou substituables) et tirer les implications par la suite.

V.6.1. Elasticités-prix d'offre et de demande

Les élasticités croisées révèlent les arbitrages qui sont faits par les producteurs entre les produits ou entre les intrants. Les élasticités de demande d'intrants sont présentées dans le tableau 8 et celles des offres dans le tableau 9.

V.6.1.1. Elasticités de demande d'intrants

Le tableau 8 montre les élasticités des demandes d'intrants par rapport au prix.

Tableau 8: Élasticités des demandes d'intrants par rapport au prix

DEMANDES D'INTRANTS	**PRIX DES INTRANTS**			
	Son de riz	**Son de maïs**	**Pailles de riz**	**Tiges de maïs**
Son de riz	**-0.532****	-0.041	-0.0573	-0.0281*
Son de maïs	0.006	**-0.113****	-0.054	0.0097
Pailles de riz	-0.089	0.053*	**-0.749****	-0.061
Tiges de maïs	-0.004*	-0.0071*	0.0039	**-0.642****

: Significatif à 1 %; **: Significatif à 5 %

Toutes les demandes d'intrants réagissent négativement et de façon significative à leur propres prix (diagonale principal du tableau· négative). Si le prix d'un intrant augmente sa demande baisse. La sensibilité est plus grande pour les sous-produits agricoles (supérieure à 0.5). Ces résultats suggèrent que les éleveurs sont plus sensibles aux variations de prix des résidus de culture qu'à celles des SPAI; leurs élasticités valent plus de cinq fois la valeur de l'élasticité du son de maïs. Le fait que le son de maïs ne soit pas encore parfaitement intégré dans les habitudes des éleveurs explique en partie une telle attitude.

Par ailleurs, si les éleveurs perçoivent les sous-produits agricoles comme des biens « primaires » un accroissement de leurs prix peut occasionner des reports de consommation vers les SPAI à cause de certaines caractéristiques (facile à conserver par exemple).

Pour les élasticités croisées, l'interprétation se fait selon chaque marché parce que les résultats révèlent que la complémentarité et la substituabilité ne sont pas réciproques. L'analyse selon les marchés permet d'éviter les difficultés de détermination de la nature économique des biens (intrants ou produits).

Sur le marché des pailles de riz, les résultats suggèrent que ce facteur est complémentaire aux autres intrants de sa catégorie (tiges de maïs) et le son de riz grâce à son bas prix dans cette region. Si le prix de chacun de ces intrants augmente individuellement, cela implique que la demande des pailles de riz diminue au profit des autres intrants. Si l'éleveur se situe sur le marché des tiges de maïs, l'augmentation du prix des tiges de maïs s'accompagne d'une substitution des pailles de riz à ce produit et/ou du son de riz. Ce résultat est surprenant car dans la réalité, les sons de riz et les tiges de maïs ne sont pas utilisés pour les mêmes fins.

Quand il y a un accroissement de prix des sons de riz et lorsque l'éleveur prend la décision d'acheter les tiges maïs, les deux produits sont substituables. Dans ce cas, les sons de riz sont complémentaires aux autres intrants (pailles de riz et tiges de maïs). En revanche, sur le marché de son de riz, ce produit est substituable aux tiges de maïs; il est un bien complémentaire avec les autres résidus de culture.

Les résidus de récolte considérés dans notre recherche (les tiges de maïs et pailles de riz) sont substituables au son de riz. Ce résultat est intéressant pour une politique d'incitation à la consommation des sous-produits agricoles, notamment les pailles de riz qui sont beaucoup cultivées dans notre région d'étude.

Le riz est une culture qui se développe et fait l'objet de plusieurs recherches car le Burundi dispose déjà d'un centre international de recherche (IRRI) sur cette culture. Une meilleure organisation de sa production peut accroître l'offre de biens alimentaires pour le bétail.

L'interprétation globale est cependant ambiguë car la nature des biens change selon la participation aux marchés. Cette ambiguïté est probablement due au fait que les mêmes intrants sont utilisés pour une production jointe et ne sont pas toujours disponible au même moment.

En général, en milieu rural, les éleveurs font rarement un choix « catégorique » pour l'achat des intrants; ils achètent le produit qu'il trouve sur le marché. La décision d'achat s'apparente alors à une décision séquentielle. Mais ces résultats ne contredisent pas la théorie économique qui admet qu'un bien peut être complémentaire dans une situation et substituable dans une autre.

V.6.1.2. Elasticités d'offre de produits

Le tableau 9 illustre les élasticités d'offre de produits par rapport aux prix du produit.

Tableau 9 : Elasticités d'offre de produits par rapport aux prix du produit

OFFRE DE PRODUITS	**PRIX DES ANIMAUX**	
	Bovins	**Lait**
Bovins	0.082***	-0.0719
Lait	-0.0541	0.0213***

******: Significatif à 10 %.***

Les fonctions d'offre de produits montrent que les élasticités-prix des bovins et du lait sont positives. Si le prix d'un produit donné s'accroit, son offre augmente. Par contre, les élasticités- croisées de ces deux produits sont négatives. Ce qui traduit la non complémentarité et la non substitution de l'offre des produits considérés dans cette recherche car lait est un sous produit de l'élevage.

V.6.2. Effets des variables environnementales et des facteurs fixes

Les tableaux 10 et 11 présentent respectivement les élasticités de demande et d'offre par rapport aux facteurs autres que les prix.

V.6.3. Fonctions de demande d'intrants

Le tableau suivant indique les elasticites des demandes d'intrants par rapport aux facteurs d'environnement (pâturages et pluviométries).

Tableau 10: Élasticités des demandes d'intrants par rapport aux facteurs autres que les prix

DEMANDES D'INTRANTS	FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ET FACTEURS FIXES		
	Pâturage	**Pluviométrie**	**Têtes Bovins**
Son de riz	-0.0010	0.510	0.00121
Son de maïs	-0.0001	0.0031	0.02740
Pailles de riz	0.0009	0.933	0.0628**
Tiges de maïs	0.0006	0.740	0.0319

*****: Significatif à 5 %***

Les élasticités varient selon les facteurs environnementaux avec une ampleur remarquable. Les élasticités sont plus importantes par rapport à la pluviométrie; elles sont supérieures à 0.5 excepté le son de maïs. En effet, une variation pluviométrique entraîne des variations plus que proportionnelles de chacune des demandes d'intrants. Les éleveurs achètent alors par ordre d'importance (ordre décroissant des élasticités) les pailles de riz, les tiges de maïs, les sons de riz et les sons de maïs

L'effet de la réduction des pâturages est négatif sur la demande de son de riz et de son de maïs. Les éleveurs achètent moins de ces intrants lorsque les pâturages se réduisent, c'est-à dire quand la contrainte alimentaire s'impose. Les demandes de pailles de riz et de tiges de maïs augmentent mais l'accroissement n'est pas très perceptible (de l'ordre du millième).

En somme, compte tenu de la faiblesse de la sensibilité des demandes à la réduction des pâturages que celles-ci sont inélastiques. La contrainte de pâturages ne détermine pas les achats de SPAI ou de sous-produits agricoles. Ce sont plutôt les variations pluviométriques qui importent beaucoup.

V.6.4. Fonctions d'offre de produits

Le tableau 11 montre les fonctions des offres par rapport aux facteurs autres que les prix.

Tableau 11: Élasticités des offres par rapport aux facteurs autres que les prix

OFFRE DE PRODUITS	FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ET FACTEURS FIXES		
	Pâturage	**Pluviométrie**	**Têtes Bovins**
Bœufs	0.008	0.3320	1.5090*
Lait	-0.401**	0.004**	-0.3180

: Significatif à 1 %; **: Significatif à 5 %

L'offre de bovins réagit positivement et plus que proportionnellement suite à une variation des pluies. Dans les périodes où les pluies sont raréfiées, l'offre de bovins augmente. Ces résultats semblent être une réalité car cette période correspond au moment des fêtes variées (diplômes, mariage, levée de deuil,…).

La variable pluviométrie influence positivement et significativement l'offre du lait. C'est dans la période de sécheresse que la production du lait est énorme grâce à la consommation de la matière sèche et à l'hygiène qui règne au sein des étables et enclos. Par contre, la réduction des pâturages entraîne une régression de l'offre du lait.

En effet, lorsque les pâturages se rétrécissent, les difficultés de nourrir les bœufs peuvent inciter à une offre (vente) des bovins. L'offre de bovins est également influencée positivement par le stock de bœufs. Les éleveurs vendent les bœufs en tenant compte de leur stock reproductif dont ils disposent. Au contraire, l'offre du lait est influencée négativement par le stock de bovin.

En conlusion, ce chapitre montre les résultats issus de notre recherche. En effet, les résultats trouvés dans notre modèle économetrique nous ont permis de confirmer l'hypothèse nulle stipulant que la raréfacction des ressources naturelles favorise l'utilisation des SPAI et des résidus de culture. Les mêmes résultats nous ont ainsi permis d'infirmer l'hypothèse alternative (les éleveurs bovins restent indifférents à la raréfaction des ressources naturelles).

Enfin, les résultats du modèle nous ont permis de confirmer la deuxième hypothèse et d'infirmer la troisième hypothèse. Les résultats notre recherche nous ont montré que tous les objectifs atteints.

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

1. Implications économiques, perspectives d'avenir et suggestions

1.1. Implications économiques de l'analyse des résultats

L'analyse des résultats notamment des fonctions de demande d'intrants indique des comportements adaptatifs adoptés par les éleveurs bovins périurbains. Les variations des actifs naturels (pluviométrie et réduction des pâturages) expliquent conjointement les variations des demandes de sous-produits de culture (pailles de riz et tiges de maïs) et des SPAI (son de riz, son de maïs) qui sont liés aux aléas climatiques.

Compte tenu de non possession des cultures fourragères, ces résultats vont à l'encontre d'une vision qui avance que les éleveurs comptent uniquement sur l'offre environnementale pour satisfaire la demande alimentaire des bovins.

Cependant, les élasticités faibles des demandes d'intrants (inférieures à 0.001) par rapport aux réductions des pâturages suggèrent que ces demandes sont inélastiques. La réduction des pâturages ne semble pas influencer significativement les achats d'intrants, quelle que soit sa nature.

Ces résultats ne permettent pas de conclure que les systèmes d'élevage dégradent ou ne dégradent pas l'environnement. Ils permettent au moins de dire que la faiblesse de l'utilisation des SPAI et des sous-produits agricoles pour l'alimentation des bovins, associés à un comportement statique, est une réalité qu'il faut prendre en compte dans les stratégies ou politiques de développement du secteur de l'élevage. Si le comportement actuel se poursuit, les systèmes d'élevage seraient de plus en plus vulnérables sur le plan alimentaire étant donné qu'on est dans le stade embryonnaire de la stabulation permanente.

Autrement dit, ces résultats ont des implications importantes pour une politique de promotion des SPAI; car les productions bovines sont fortement liées aux fourrages naturels alors qu'on ne peut pas s'appuyer uniquement sur les capacités environnementales limitées (inextensibles) pour atteindre des performances optimales du secteur de l'élevage bovin.

Les suggestions qui sont faites dans ce travail visent à contribuer à la minimisation des effets des variations des biens environnementaux utilisés comme facteurs de production sur les systèmes d'élevage bovin. Elles s'adressent aussi bien aux autorités chargées de conduire les politiques économiques d'une manière globale qu'à celles qui ont en charge les politiques de développement du secteur de l'élevage en général et de l'élevage bovin en particulier.

1.2. Suggestions de politiques économiques

Les problèmes aigus de l'élevage bovin périurbain restent ceux de l'eau et de pâturages malgré une bonne pluviométrie. Contrairement à certaines zones où la concurrence pour la gestion des terroirs se limite à l'agriculture et à l'élevage, dans la plaine de l'Imbo, l'aire protégée (réserve naturelle de la Rukoko) intervient pour l'accentuer. Une des raisons principales de la réduction des pâturages étant la récente mesure empêchant les éleveurs de faire paître leurs animaux dans cette réserve et l'extension anarchique des champs (culture du riz).

Les descentes d'animaux au sein même de la région sont importantes et elles s'effectuent vers les grandes réserves de faunes et de flore. Un inventaire des ressources pastorales d'une part, et des mouvements de bétail d'autre part permettrait de réguler la demande alimentaire et de l'adapter aux capacités environnementales. Dans le même ordre d'idée, et compte tenu du fait que les demandes d'intrants sont beaucoup influencées par les variations pluviométriques, des études devraient être entreprises en vue de dégager les possibilités d'utilisation des forêts classées pour l'alimentation des animaux (bovins).

Il faut arriver à exploiter rationnellement ces ressources fourragères actuellement inutilisées. La fauche et la conservation du foin ainsi que la culture fourragère, encore embryonnaire dans la région pourraient être renforcées par ce biais et l'offre alimentaire serait accrue.

En outre, les autorités devraient inclure dans les politiques de développement de l'élevage bovin un volet important de soutien aux prix des SPAI surtout que cette zone fournit une grande quantité de son de riz aux autres zones du pays et est la principale source du lait consommée à Bujumbura, la capitale économique du pays. Toutes ces propositions devraient amener à une intensification de la filière bétail. Une partie de la demande alimentaire animale étant satisfaite par le secteur agricole, des solutions appropriées pourraient être trouvées dans l'intégration élevage-agriculture dans le cadre général de la gestion des terroirs.

Le riz et les tiges de maïs étant substituables, l'offre alimentaire du bétail pourrait être enrichie avec une politique agricole axée sur la production du riz dans laquelle le Burundi possède un avantage comparatif important. Somme toute, une intégration des politiques agricoles et des politiques de développement de l'élevage s'impose alors pour créer une synergie entre ces deux secteurs clefs de l'économie burundaise. Il s'agit de mieux exploiter la complémentarité qui existe entre les deux activités économiques.

1.3. Perspectives d'avenir de l'elevage au Burundi

Dans leur analyse comparative de la réponse des systèmes d'elevages bovins laitiers surtout à la contrainte climatique, de nombreux travaux (Delaby et Peyraud, 2009) ont montré que le recours à des légumineuses ensilées, fanées ou déshydratées comme complément nutritionnel de l'ensilage de maïs et comme substitut à l'achat de tourteau est l'une des voies envisagées pour gagner en autonomie alimentaire.

Pour ces systèmes, choisir la voie des fourrages (sans concentré) suppose d'accepter de ne pas être au maximum de potentiel de production des vaches et des surfaces, mais permet de sécuriser le système et de réduire sa dépendance vis-à-vis du cours des marchés (Delaby et Peyraud, 2009).

Pour les élevages laitiers, d'autres alternatives concernant la conduite de l'animal et des troupeaux sont envisagées visant soit à diminuer les effets négatifs de la sécheresse lorsqu'elle survient (stratégie d'esquive ou adaptation tactique), ou encore à penser le système, de façon à s'affranchir des conséquences négatives des épisodes de sécheresse par anticipation (stratégie d'évitement ou adaptation stratégique) (Lemaire et Pflimlin, 2007 ; Pottier et al., 2007).

La première stratégie repose sur des ajustements de la gestion annuelle et saisonnière du système d'élevage et du système fourrager, en fonction de l'évolution climatique subie. Ces ajustements sont permis par les capacités adaptatives des animaux (mobilisation des réserves corporelles, croissance compensatrice des génisses), par la baisse temporaire des besoins alimentaires du troupeau (monotraite, sevrage précoce des veaux allaitants, tarissement précoce des vaches laitières, anticipation des ventes d'animaux) et bien-sûr par le recours aux stocks de fourrages de l'exploitation ou par l'achat de fourrages et/ou de concentrés.

La seconde stratégie vise à intégrer les conséquences possibles des aléas climatiques dans la conception du système d'élevage et du système fourrager. Cette stratégie peut s'appuyer, par exemple, sur le choix de la période de mise de bas ou du type de production animale.

L'avenir des systèmes d'élevage bovin dans les différentes zones burundaises dépendra de la dynamique des filières de production, du contexte économique, de la demande de la filière en produits qualifiés, du prix de l'énergie et du poids des contraintes environnementales (nitrates, pesticides, émissions de gaz à effet de serre et stockage de carbone par les prairies, disponibilité en eau pour l'irrigation etc.) ainsi que de l'impact des évolutions climatiques.

Tous ces éléments vont impacter les systèmes d'élevage à des degrés divers. Aussi est-il difficile de diagnostiquer des évolutions certaines.

La conception de systèmes innovants, permettant une production économiquement viable, respectueuse de l'environnement, et flexible face aux nouveaux enjeux climatiques, démographique et socio-économique est un des défis de la recherche pour l'avenir des systèmes d'élevage.

2. Conclusion générale

L'objectif principal de cette recherche était d'analyser les variations des actifs environnementaux comme la réduction des pâturages et les variations pluviométriques sur les performances des éleveurs bovins de la zone périurbaine de Bujumbura la capitale économique du Burundi.

La recherche est parvenue à des résultats mitigés sur le rôle des facteurs environnementaux (pluie et réduction des pâturages) sur les performances des exploitants pastoraux. Du point de vue statistique, ces facteurs expliquent conjointement les demandes de pailles de riz, son de riz, tiges de maïs, son de maïs et du sel.

La réduction des pâturages n'exerce pas un effet très perceptible sur les demandes d'intrants comme les sous-produits de culture et les offres du lait (faiblesse des coefficients et non significativité pour la plupart d'entre eux). Toutes les demandes des SPAI sont inélastiques par rapport à la réduction des pâturages, c'est-à-dire que l'abondance ou la non abondance des pâturages n'influence pas significativement (ou fortement) les demandes d'intrants.

Par contre, les niveaux pluviométriques induisent des variations importantes aussi bien sur les demandes d'intrants que les offres de bovins et du lait. L'eau apparaît comme une contrainte majeure pour la production bovine.

La part des ressources naturelles dans l'alimentation du bétail est certes importante; mais contrairement à une idée dominante qui consiste à dire que les éleveurs ne comptent que sur les capacités environnementales pour satisfaire la demande alimentaire du bétail, l'étude montre que les demandes d'intrants (sous-produits de culture et SPAI) réagissent, même faiblement, aux variations de prix et des facteurs d'environnement.

Mais le comportement adaptatif varie d'un éleveur à l'autre (au sein d'un même type d'élevage) et d'un type d'élevage à un autre (élevage intensif et élevage extensif).

Certains par contre s'adaptent par l'achat de SPAI et de sous produits agricoles (pailles de riz et tiges de maïs); d'autres s'adaptent par l'achat des sous produits de culture seulement selon leurs moyens financiers.

En outre, des phénomènes de substitution entre les intrants industriels et les sous produits de culture sont observés; les éleveurs (toutes catégories confondues) réagissent positivement aux variations des prix des différents facteurs de production (pailles de riz, tiges de maïs, fanes son de riz, son de maïs et le sel). Toutes les fonctions de demande réagissent positivement aux variations des pluies. Le résultat est plus nuancé pour ce qui est des fonctions d'offre des produits (bovins et lait).

En synthèse, les variations environnementales semblent affecter les performances de l'élevage bovin périurbain (élasticités négatives des offres du lait par rapport à la réduction des pâturages, , inélasticité des demandes d'intrants par rapport à la réduction des pâturages). Cette vulnérabilité est surtout liée à l'origine alimentaire. Malgré ces résultats assez intéressants qui peuvent constituer une base, indicative certes, pour une politique de soutien au secteur de l'élevage, cette recherche comporte des limites. La fonction de profit choisie est restrictive même si elle a déjà été utilisée dans un cas de valorisation des ressources naturelles; elle produit des élasticités constantes qui ne considèrent pas les caractéristiques propres à chaque exploitation d'éleveur.

Par ailleurs, l'analyse est statique et ne modélise pas les aspects dynamiques qui sont pourtant d'une importance capitale en matière d'environnement et d'élevage, où les décisions sont prises dans un contexte de risques et d'incertitudes. L'importance de l'élevage bovin pour l'économie burundaise est indéniable. C'est un secteur porteur, générateur revenus pour l'économie nationale et pourrait susceptible d'induire des économies de devises pour le pays si des initiatives étaient prises pour améliorer la productivité du secteur; notamment en réduisant sa vulnérabilité aux variations environnementales et en multipliant de nouvelles races améliorées très productives. Les premiers acteurs de la filière bétail (les producteurs) exercent cependant leur activité dans un contexte fortement contraignant, caractérisé par les difficultés de satisfaction de la demande alimentaire. Une bonne partie de cette demande alimentaire étant uniquement satisfaite par le secteur agricole (pailles de riz et tiges de maïs), des solutions à ces problèmes cruciaux devraient être cherchées également dans l'intégration élevage-agriculture (agro-pastoralisme ou sylvo-pastoralisme); car l'élevage induit aussi des effets notables sur la productivité du secteur l'agricole.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alcaras, J.R. and Lacroux, F., 1999. *Planifier c'est s'adapter*. Économies et sociétés, série Sciences de Gestion, 26-27, 7-37**.**

Andrieu, N., Coléno, F. and Duru, M., 2008. *L'organisation du système fourrager, source de flexibilité face aux variations climatiques.* In: L'élevage en mouvement: Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Dedieu B., Chia E., Leclerc B., Moulin C.-H., Tichit M. (ed.). Versailles : Ed. Quae, 95–110.

Bararuzuza F.(1993), Élevage extensif de la plaine de l'Imbo, Mémoire de Licence en Economie, Université du Burundi, FSEA, 62p.

Barnard, R., Barthes, L. and Leadley, P.W., 2006. Short-term uptake of 15N by a grass and soil micro-organisms after long-term exposure to elevated CO2. Plant Soil, 280, 91-99.

Baumont, R., Aufrère, J. and Meschy, F., 2009. Feeding value of the forages: effect of cultivation, harvesting and conservation practices. Fourrages, 198, 153–173.

Begg (D), Fisher (S), Dornbusch (R), 1991, Economics, MAC GWW-HILL, third ed, 667 p.

Bellon, S., Girard, N. and Guérin, G., 1999. *Caractériser les saisons pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage*. Fourrages, 158, 115–132.

Bigawa S. & Ndorere V. (2002) : Évaluation des besoins en matière de formation forestière au Burundi. RIFFEAC et FAO. Bujumbura. 32 p.

Bionfiglioli A.-M. (1992), Sociétés pastorales à la croisée des chemins: survie et développement du pastoralisme africain, NOPA, Projet UNICEFIBNUS, Novembre 1992

Blanc, F., Bocquier, F., Agabriel, J., D'hour, P. and Chilliard, Y., 2008. *La composante animale de la flexibilité des systèmes d'élevage.* In: Dedieu B., Chia E., Leclerc B., Moulin C.-H., Tichit M. (éd.). Versailles: Ed. Quae, 294 p., 73-94.

Bonfiglioli A.M., 1984. Dudal, histoire de famille, histoire de troupeau. C.U.P., MSH., 293p.

Bourguinot H., (1973). Current contact information an listing of economic. New zeal, 78, 131-137 p.

Boussard Jean Marc (1992), Introduction à l'économie rurale, Éditions Cujas, Paris, 1992, 311p.

Briske, D.D., Fuhlendor, S.D. and Smeins, E.E., 2005. State-and-transition models, thresholds, and rangeland health: a synthesis of ecological concepts and perspectives. Rangeland Ecol. Manag., 58, 1–10.

Bryant J.R and Snow, V.O., 2008. *Modelling pastoral farm agro-ecosystems: a review*. New Zeal. J. Agr. Res., 51, 349-363.

CAS (Centre d'Analyse Stratégique), (2011). Les instruments économiques au service du climat, Paris, 42p.

CAZENAVE-PIARROT A. (2004) : Burundi: une agriculture à l'épreuve de la guerre civile. Les Cahiers d'Outre-Mer (226-227): 313-338.

Coase, R.H. (1960), «The problem of social cost)), Journal of Law and Economics 3, no 1. Commission économique pour l'Europe (19891, Groupe de travail sur l'environnement et I 'économie, Genève.

Code de l'environnement du Burundi, Article 12, 5p.

Coléno, F.C. and Duru, M., 1998. *Management of livestock units in systems based on grazing.* Étud. Rech. Syst. Agraires Dév., 31, 45-61.

Coléno, F.C., 2002. *Une représentation des systèmes de production agricoles par ateliers*. Cahiers d'Agriculture, 11, 221-225.

Cournut, S., 2001. *Le fonctionnement des systèmes biologiques pilotés : simulation à évènements discrets d'un troupeau ovin conduit en trois agnelages en deux* ans. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon I, France, 418 pp.

Daget P. et Gordon M. (1995), *Pastoralisme, troupeaux, espaces et sociétés,* Éditions Hatier, AUPELF/UREF, Paris, 31-37

Darnhofer I.,Grötser M. (Eds). 9ème IFSA Symp., 4-6 July, Vienna, Austria, 2167-2175. www.ifsa.boku.ac.at/

Decaestecher J. P. et Rotillon G. (1994), « Regard sur l'économie de l'environnement », Problèmes Économiques, N° 2364 du 23 Février 1994, pages 1-8

Dedieu B., 2008b. L'élevage en mouvement : flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Éditions Quae, Collection Sciences et Technologie Update, Versailles, France, 294 p.

Dedieu, B., Chia, E., Leclerc, B., Moulin, C.-H. and Tichit, M., 2008a. *L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores.* Ed. Quae, 294pp.

Delaby, L. and Peyraud, J.-L., 2009. *Making the best use of the farm's forages for the production of milk.* Fourrages, 198, 191–210.

Desaigues B. et Point P. (1993), *Économie du patrimoine naturel: la valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*, Economica, Paris, 1993, 38p.

Dewez J. (1986) : La culture cotonnière dans l'Imbo. ISABU, Bujumbura, 119 p.

Durand, J.L., Bariac, T., Ghesquiere, M., Biron, P., Richard, P., Humphreys, M., and Zwierzykowski, Z., 2007. *Ranking of the depth of water extraction by individual grass plants,* using natural 180 isotope abundance. Environ. Exp. Bot., 60, 137-144.

Duru, M., 2008. *La conduite des couverts prairiaux, source de flexibilité*. In: L'élevage en mouvement: Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Dedieu B., Chia E., Leclerc B., Moulin C.-H., Tichit M. (ed.). Versailles : Ed. Quae, 294 pp., 57–71.

Duteurtre G. et Faye B., 2009. L'élevage, richesse des pauvres : Stratégies d'éleveurs et organisations sociales face aux risques dans les pays du Sud. Editions Quae, Versailles, France, 286 p.

Éléments de microéconomie : Théorie et applications. Monchrestien, 587 p.

ENAB Enquete Nationale agricole du Burindi 2016-2017, 81 p.

Gibon A., Ickowicz A., 2010. Transformation des systèmes d'élevage extensifs dans les territoires ruraux. Numéro thématique, Cah. Agric., 19, 77-172 p.

Gibon, A. Rubinor, R., Sibbald, A.R., Sorensen, J.T., Flamant, J.C., Lhoste, P. and Revilla, R., (1996). *A review of current approaches to livestock farming systems in Europe: towards a common understanding.* In: Livestock farming systems: research, development, socioeconomics and the land manager, Dent, McGregor, Sibbald Eds., EAAP, 79, 7-19 p.

Grannec M.-L., (2017). "Demand Analysis". Handbook of Econometrics. Amsterdam and New York,Vol. 3, pp 1767-1839.

Hopkins, A. and Holz, B., 2006. *Grassland for agriculture and nature conservation: production, quality and multi-functionality.* Agronomy Research, 4, 3-20 p.

Hotelling, H. (1931), The economics of exhaustible resources, Journal of Political Economy, 39(2): 137-175 p.

Huygue, C., 2008. *La multifonctionnalité des prairies en France*. I les fonctions de productions. Cahiers Agricultures, 17, 427-435 p.

Huygue, C., 2009a. *La multifonctionnalité des prairies en France.* II Conciliation des fonctions de production et préservation de l'environnement. Cahiers Agricultures, 18, 7-16 p.

Huygue, C., 2009b. *Changes in the pasture and forage crops in France, and their conditions of cultivation and utilization during the past fifty years*. Fourrages, 200, 407-428 p.

IFEN (Institu Francais de l'Environnement), (2008)

Jorgenson W., Lau, L. J., (1974). The duality of technology and economic studies, Volume 41, issue 2, 23-42 pages.

Jouany, C., Cruz, P., Duru, M., Stroia, C. and Theau, J.P., (2009). *Variability of the response of a natural pasture to water and temperature stresses*. Fourrages, 197, 85-8 p.

JOUVE P. (1987), « *Appui pédagogique a l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement »*. Collection document systèmes agraires, CIRAD, $n^0$8. Montpellier,76 p.

Kabla Z. J., (1993). Protection des écosystemes et développement des sociétés, paris, 31p.

Landais, E., 1987. *Recherches sur les systèmes d'élevage: questions et perspectives*.

Lecomte P., 2009. Dispositif de recherches INRA-CIRAD sur les productions animales en régions chaudes : contexte, état des lieux et perspectives.

Lemaire G. and Denoix, A., 1987. *Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (Festuca arundinacea Schreb.) et de dactyle (Dactylis glomerata L.) dans l'Ouest de la France*. Etude en conditions de nutrition azotée et d'alimentation hydrique non limitantes. Agronomie, 7, 373–380.

Lemaire G. and Pflimlin, A., 2007. *Past and future periods of drought: what are their effects on the forage systems and the possible adaptations*? Fourrages, 190, 163-180. .

Lemaire, G., 1987. *Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée pendant l'hiver et le printemps : effets des facteurs climatiques*. Thèse de doctorat d'état, Université de Caen, France, 96 pp.

Lemaire, G., Wilkins, R., and Hodgson, J., 2005. *Challenges for grassland science: managing research priorities.* Agr. Ecosyst. Environ., 108, 99-108 p.

LHOSTE P., 1984. *Le diagnostic sur le système d'élevage*. Cah. Rech. Dév., (3-4)

LHOSTE P., 2001. L'étude et le diagnostic des systèmes d'élevage. Atelier de formation des agronomes SCV. Madagascar. 39 p.

Loiseau, P. and Soussana, F., 2000. *Effects of elevated CO2, temperature and N fertilization on nitrogen fluxes in a temperate grassland ecosystem*. Global Change Biol., 6, 953-965.

Maass P., 2013. Using the 'livestock ladder' as a means for poor crop–livestock farmers to exit poverty in Sud Kivu province eastern DR Congo. Agro-ecological Intensification of Agricultural Systems in the African Highlands, RDC, 145 p.

Manoli C., Dedieu B., Ickowicz A., 2010. Livestock farming systems and local development: a review of the multiple dimensions of Territory livestock science. In: Building sustainable rural future: The added value of systems approaches in times of change and uncertainty. Martin, G., 2009. *Analyse et conception de systèmes fourrages flexibles par modélisation systémique et simulation dynamique.* Thèse de doctorat de l'université de Toulouse. Toulouse, France, 179 pp.

Mazoyer M.(1987), « *Rapport de synthèse* », Colloque Dynamique des systèmes agraires, Paris, 56-63 p.

Ministère de la planification du développement et de la reconstruction nationale (2006) : Monographie des communes Gihanga et Mutimbuzi. Bujumbura-Burundi, 86 p.

Moll, 2005. Costs and benefits of livestock systems and the role of market and nonmarket relationships. Agricultural Economics 32, 181-193.

Moreau, J.C., Delaby, L., Duru, M. and Guérin, G., 2010. Advices given about the forage system : evolutions and conceptions concerning the steps to be taken and the tools to be used. Fourrages, 200, 565–586.

Motel P. (1993), « *The effects ofrisk and capital market imperfections in a household model of livestock-keeping: theory and sahelian evidence* », Cahier de recherche numéro 93-09 du Groupe de Recherche en Politique Economique (GREPE), Université de Laval, 1993, 87 p.

Normand P., 2006. *Caractérisation du troupeau allaitant. Institut de l'élevage*, Département Technique d'Elevage et Qualité, Compte-rendu, Paris, France, 62 pp. « optimal foraging models », Human Ecology, Vol. 17, N° 4, 1989

Norton, M.R., 2008. Measurement of summer dormancy in temperate perennial pasture grasses. Aust. J. Agr. Res., 59, 498–509.

Passet René (1990), *« Environnement et biosphère », Encyclopédie Economique*, Economica, Paris, 1999, Tome 2 (Editeurs: Xavier GEFFE, Jacques MAIRESSE, Jean-Louis REIFFERS), 786-791 p.

Perry P. (2002). Investing in animal health research to alleviate poverty. International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya, 17p

Pigou, A.C. (1920), The Economics of Welfare. London, Macmillan, 21p.

Pinay, G., 2007. *Impact of atmospheric CO2 and plant life forms on soil microbial activities.* Soil Biol. Biochem., 39, 33–42.

Protin, P.-V., 2009. *Effect of fertilisation practices on the productivity of pastures and of mixtures of cereals and high-protein crops and on the quality of forage*. Fourrages, 198, 131–152.

Randolph, 2007. Invited review: Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries.Journal of animal science, 85, 2788-28

RIFFEAC (Réseau des Institutions de formation forestière et environnementale de l'Afrique Centrale) et FAO. (2002). Evaluation des besoins en matière de formation forestière au Burundi. Bujumbura, 32 pp.

Sanon K. R., (1997). L'éducation dans une perspective d'avenir. Vol. 23, numero 1, Ouagadugou, Burkina Faso, 41p.

Sauvant, D. and Martin, O., 2010. *Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité…, les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage: définitions systémiques er biologique des différents concepts*. INRA. Prod. Anim., 23, 5-10

Scoones I., 1990, Nouvelles orientations du développement pastoral en Afrique. Vivre dans un environnement incertain. Editions Karthala et CTA, Londres, UK, 362p.

Sébillote, M. and Soler, L.G., 1990. *Les processus de décision des agriculteurs. Première partie : Acquis et questions vives*. In Brossier, J., Vissac, B. and Lemoigne, J. L. (Eds.), Modélisation systémique et systèmes agraires. Décision et organisation. INRA SAD, Versailles, France, 88-102.

Shaefer, M.B., (1955), Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries, Journal of the Fisheries Resources Board of Canada, 14(5): 669-681

Soussana, J.-F. and Lemaire, G., 2007. *Impacts du changement climatique sur la prairie et adaptations possibles,* In: La forêt et les milieux naturels face aux changements climatiques-ONF. Paris, France, 128-131 p.

Thébaud B. (1995), « Atelier régional sur les systèmes traditionnels de gestion des ressources pastorales et l'harmonisation des règlements en matière de pastoralisme », Compte Rendu, PRASET, Ouagadougou, Janvier 1995, 39 p.

Thornton, P.K., 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. Agr. Syst., 101, 113–127 p.

Todd E., 1998. Women climbing out of poverty through credit; or what do cows have to do with it. Livestock Research for Rural Development 10, 1-10 p.

Toutain B. (1976), *Etude et cartographie des pâturages de l'ORD du Sahel et de la zone de délestage au Nord-Est de Fada N'Gourma*, Rapport de fin de campagne, Octobre 1976

Varian H. R. (1992), *Microeconomie analysis*, W. W Northon & Company, New York, 1992, 3e Edition, 91 p.

Varian Hal R. (1992), Microeconomie analysis, W. W Northon & Company, New York, 1992, 3è Edition, 47p.

Volaire F., 2002. Drought survival, summer dormancy and dehydrin accumulation in contrasting cultivars of Dactylis glomerata. Physiol. Plantarum, 116, 42–51 p.

Sites internet

FAO, Crops and Drops, 2002, p. 1. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y3918e/y3918e00.pdf 2

France Agrimer, Les cahiers de France Agrimer, Données statistiques sur l'élevage, 2009. http://www.franceagrimer.fr/informations/publications/F-elevage/09-09-15/bovins-96B.pdf

Gaëlle Dupont, « Le développement fulgurant de l'aquaculture devrait continuer », Le Monde, 12 novembre 2009, http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/11/12/le-developpement-fulgurant-de-l-aquaculture-devrait-continuer_1266203_3244.html#ens_id=1266298

http://www.fao.org/ag/fr/magazine/0612sp1.htm

http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTML

http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2006/1000219/index.html

Laurence Caramel, « Lutte contre la déforestation : attention aux mirages », Le Monde, 27 octobre 2009. http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/10/27/lutte-contre-la-deforestation-attention-aux-mirages_1259254_3244.html

Le Rapport Brundtland, officiellement intitulé Notre avenir à tous (Our Common Future), est une publication rédigée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland. Utilisé comme base au Sommet de la Terre de 1992, le rapport a popularisé l'expression de « développement durable » et a notamment apporté la définition communément admise du concept. http://fr.wikipedia.org/wiki/Rapport_Brundtland

Les différents segments pris en compte sont l'abreuvement des animaux et l'entretien des locaux, les abattoirs et industries agroalimentaires, les tanneries et l'irrigation des cultures fourragères, FAO, Livestock's long shadow, 2006, pp. 128-135.

Séverine Gibet pour la FAO, Agriculture et pollution azotée des eaux en Bretagne, France, http://www.fao.org/AG/agL/watershed/watershed/papers/papercas/paperfr/case17fr.pdf

transparence et le respect, dont l'objectif est de parvenir à une plus grande équité dans le commerce mondial. Il contribue au développement durable en offrant de meilleures conditions commerciales et en garantissant les droits des producteurs et des travailleurs marginalisés, tout particulièrement au Sud de la planète. Les organisations du commerce équitable (soutenues par les consommateurs) s'engagent activement à soutenir les producteurs, à sensibiliser l'opinion et à mener campagne en faveur de changements dans les règles et pratiques du commerce international conventionnel». http://fr.solecopedia.org/index.php?title=Commerce_équitable

ANNEXES

QUESTIONNAIRE UTILISÉ POUR L'ENQUÊTE

QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX ÉLEVEURS DES BOVINS POUR L'ANALYSE DES VARIATIONS ENVIRONNEMENTALES SUR LA RENTABILITE DE L'ELEVAGE PERI-URBAIN

Vianney BANDEREMBAKO,
Étudiant/Chercheur

MASTER/EERN, FSEG-BUJUMBURA

0. PRELIMINAIRE

0.1 Date de l'enquête:

0.2 Province:

0.3 Commune :

0.4 Colline/ Village :

0.5 Type d'éleveur: 1. Éleveur extensif

2. Éleveur Intensif

Extensif	Intensif	Semi intensif	Autres

I. DONNEES GENERALES SUR LE MENAGE

I.1. Nom du chef de famille*:……..*

I.2. Niveau d'instruction formelle

Niveau	Primaire	Secondaire	Universitaire	Aucun

I.3. Si aucun niveau d'instruction formelle, alphabétisé?

1. oui 2. Non

I.4. Age du chef de ménage*: ……..ans*

I.5. Remplir le tableau de composition démographique du ménage (sexe et tranche d'âge)

	Moins de 10 ans		10-15 ans		16-65 ans		65 ans et plus		Total
Total									

I.6. Nombre total d'enfants scolarisés dans le ménage:

……..

I.7. Depuis quand êtes-vous installés dans cette colline?

1. Je suis de passage, juste pour quelques mois (transhumant) 2. J'y suis né

3. Moins de 10 ans 4. Entre 10 et 20 ans 5. Depuis plus de 20 ans

I.8. Pourquoi avez-vous migré? (seulement pour les migrants sédentaires)

1. Conflits dans la région d'origine 2. A la recherche de meilleures terres aptes à la culture

3. A la recherche de meilleurs pâturages 4. A la recherche de meilleures structures d'encadrement

5. Autres (préciser)……

I.9. Quel (s) type (s) d'élevage faites-vous?

1. Petits ruminants 2. Gros ruminants 3. Combinaison des deux types

4. Porcs 5. Volaille

6. Autres (préciser) ……

I.10. Tous vos animaux sont-ils avec vous?

1. Oui 2. Non

I.11. Évaluation de la mortalité (décès) au cours de l'année écoulée?

Espèces	Bovins
Nombre élevé	
Proportion	

1.12. Possédez-vous des bœufs de trait?

1. Oui 2. Non

***1.13. Si oui, combien** ?*

II. ALIMENTATION DU BETAIL ET INDICATEURS D'INTENSIFICATION DE LA FILIERE

II.1. Pratiquez-vous la culture fourragère?

1. Oui 2. Non

II.2. Si oui, quelle est la superficie cultivée la campagne écoulée…….. *(en ha)*

II.3. Quelle est la quantité de fourrage récoltée?..... *(nombre de bottes)*

II.4. Faites-vous ces cultures seules ou en association avec d'autres cultures?

1. Seule 2. En association avec des cultures vivrières

3. En association avec d'autres cultures fourragères

II.5. Si non, pourquoi ?……

II.6. Pratiquez-vous la conservation du foin (faucher l'herbe)?

1. Oui 2. Non

II.7. Si oui, quelle est la quantité conservée cette année*?*

……(nombre de bottes)

***11.8. Faites-vous de l'embouche*?**

1. Oui 2. Non

II.9. Si oui, quel genre d'embouche?

1. Bovine 2. Autres

II.10. Quelle est l'origine des animaux d'embouche?

1. Prélèvement sur le troupeau personnel 2. Achat

3. Autres (préciser)

……..

II.11. Utilisez-vous des SPAI(sous produits agro-industriel) pour l'alimentation de vos animaux?

1. Oui 2. Non

II.12. Si oui, quels sont les SPAI que vous utilisez habituellement? (classer selon votre demande)

-(….) Son de riz, -(….) palmiste, -(….) Sel, -(….) Mélasse, - (….) son de maïs, -(….) drèches,

II.13. Évaluation des quantités de SPAI et prix des deux dernières campagnes agricoles

PRODUITS	Prix d'achat (sacs)		Quantités achetées (sacs)	
Années	2016	2017	2018	2019
Son de riz				
Tourteaux/palmiste				
Son de maïs				
Sel				
Mélasse				

II.14. Avez-vous dans votre zone des infrastructures de vaccination?

1. Oui 2. Non

II.15. Si oui, à quelle distance êtes-vous situés du centre*?..... (en km)*

II.16. Comment faites-vous pour soigner vos animaux? ……

……

II.17. Combien d'animaux avez-vous vacciné cette année (évaluation des dépenses en intrants zootechniques)

ESPECES	Coût par animal	Animaux vaccinés	Coût total
Bovins			
Autres			

II.18. Combien d'adultes de la famille se consacrent à l'élevage?

a)Pendant la saison des pluies b) Pendant la saison sèche

II.19. Engagez-vous d'autres personnes en cas de déficit de main d'œuvre familiale?

1. Oui 2. Non

II.20. Si oui, combien de personnes avez-vous sollicitées cette année?

a) Pendant la saison des pluies b) Pendant la saison sèche

II.18. Quelle est la rémunération/an? (Évaluation monétaire)

a) Pendant la saison des pluies …….

b) En Saison sèche……

III. APPREHENSION DES RELATIONS ENTRE ELEVAGE ET AGRICULTURE

III.1. Rencontrez-vous des problèmes (conflits) de gestion des ressources dans votre terroirs entre éleveurs et agriculteurs?

1. Oui 2. Non

III.2. Ces conflits sont-ils importants?

1. Très fréquent 2. Fréquent 3. Peu fréquent

III.3. A votre avis, quelles sont les sources de ces problèmes?

1. Manque de concertation pour la gestion de l'espace rural
2. Marginalisation de l'élevage/préférence pour l'agriculture
3. Deux activités perçues comme concurrentes et non complémentaires
4. Extension des surfaces de culture / dégâts
5. Absence de couloirs de passage/pistes à bétail/occupation des espaces habituels de pâture
6. Accroissement du nombre des éleveurs dans la région
7. Forte présence de transhumants (zone de transit)
8. Autres (préciser)

……..…… ……

III.4. Mécanismes de résolutions entreprises

1. Création d'associations d'éleveurs 2. Mise en place d'un cadre de règlement des conflits
3. Règlement à l'amiable
4. Convocation auprès des autorités administratives compétentes (chef de villages administration, etc.)
5. Autres (préciser)

..……...……

III.5. Quelle utilisation faites-vous du fumier produit par vos animaux?

1. Utilisation personnelle 2. Ventes 3. Ventes et utilisation personnelle
4. Dons 5. Dons et utilisation personnelle

III.6. Quelle précaution prenez-vous pour récolter le maximum de fumier ?

…….

III.7 Avez-vous conclu des contrats de fumure avec le FOMI ?

1. Oui 2. Non

III.8. Si oui, pendant combien de temps? *a)……..semaines b) ……..mois*

III.9. Quelle est la rémunération reçue*?.....*

III.10. Quelle est la quantité de lait produit chaque jour?

En saison sèche:……. (Préciser l'unité);

durée:……. mois

En saison pluvieuse:…… (Préciser l'unité); durée:

……..mois

III.11. Estimation des quantités de sel achetées

Nature du sel	Prix unitaire	Quantités	Coût total
Pierres à lécher			
Sel à grain			

III.12 Quels sont les résidus de récolte que vous aviez achetés cette année?

Nature	Prix /unité	Quantités	Valeur totale
Pailles de riz			
Tiges de maïs			
Tiges de patate douce			

III.13. Combien de champs possédez-vous*?..... (nombre)*

III.14. Quelle est la superficie de vos champs?..... (hectares)

IV.GESTION DES RESSOURCES (PÂTURAGES, EAU, ETC)

IV.1 Êtes-vous membre d'une association d'éleveurs?

1. Oui 2. Non

IV.2. Si non pourquoi

……

……

……

***IV.3. Depuis quand cette association existe-t-elle?*.....**

IV.4 Avez-vous entendu parler de la gestion des terroirs collinaires/villageois?

1. Oui 2. Non

IV.5. Comment se fait la gestion des pâturages dans votre terroir?

1. Accès libre 2. Accès réglementé par l'autorité administrative

3. Accès réglementé par l'association des éleveurs

4. Autres

(préciser).....

IV.6. Les éleveurs participent-ils à la définition des règles de gestion des ressources pastorales?

1. Oui 2. Non

IV.7. Comment se fait cette participation?

……

V.GESTION DES ANIMAUX (VENTES, ACHATS ET PRIX)

V.1. Avez-vous acheté des animaux durant les douze derniers mois?

1. Oui 2. Non

Espèces	Sexe	Nombre	Age moyen	Prix d'achat
Bovins	Femelles			
	Mâles			

V.3 En avez-vous vendus durant cette même période?

1. Oui 2. Non

V.4. Estimation des ventes d'animaux (remplir le tableau)

Espèces	Sexe	Nombre	Age	Destination	Prix de vente
Bovins	Femelles				
	Mâles				

V.5 Selon vous combien de têtes peut posséder un éleveur privilégié?

Espèces	Bovins
Mâles	
Femelles	
Total	

V.6. Selon vous combien de têtes peut posséder un éleveur moyen

Espèces	Bovins
Mâles	
Femelles	
Total	

V.7. Estimation du troupeau de l'enquêté

Espèces	Sexes	Nombres de têtes				
		0 à 2 ans	3 à 4 ans	5 à 6 ans	7 ans et plus	Total
Bovins	Femelles					
	Mâles					
	Total					

VI. RECOMMANDATIONS

VI.1. Selon vous quels sont les trois problèmes qui semblent être les plus préoccupants pour les éleveurs dans votre région*?*

1……

……

2……

……

3…….

.....

VI.2. Face aux problèmes que rencontrent les systèmes de production pastorale, que préconisez-vous faire pour un meilleur développement de l'élevage dans votre région?

1……

……

……

2……

……

……

ANNEXE 1: Tableau de comparaison des dépenses en alimentation des bovins, en rémunération du personnel, en produits phytosanitaires et bâtiments d'élevage de 1990 et de 2020 en milliers de francs burundais

Exploitants	**ANNEE 1990**			**ANNEE 2020**				
	C.I. totales en *	Frais vétérinaires & aliments donnés en compléments *	Frais du personnel *	Total des Dépenses*	C.I. totales 7 aliments donnés en compléments *	Frais vétérinaires*	Frais du personnel*	Total des dépenses *
1	158	18	225	401	3402	55	840	4297
2	20	27	237	284	340	60	1200	1600
3	25	45	222	292	3707	60	840	4607
4	15	8	213	236	564	80	600	1244
5	12	7	192	211	621	144	750	1515
6	15	5	101	121	4144	312	1200	5656
7	30	4	237	271	626	280	1440	2346
8	1	20	207	228	607	12	720	1339
9	5	25	227	257	3102	9	720	3831
10	20	15	225	260	3639	234	1440	5313
11	50	5	244	299	624	8	480	1112
12	40	20	219	279	2354	108	720	3182
13	18	50	179	247	2906	10	600	3516
14	26	466	799	1291	442	217	840	1499
15	40	95	231	366	2231	90	840	3161

16	5	75	387	467	631	60	480	1171
17	45	100	237	382	1592	5	600	2197
18	38	158	373	569	937	24	480	1441
19	20	20	225	265	1043	40	720	1803
20	470	15	225	710	1768	42	840	2650
21	20	12	213	245	5176	170	1680	7026
22	7	30	225	262	523	48	600	1171
23	10	1	113	124	474	18	600	1092
24	12	20	237	269	2414	45	720	3179
25	5	7	225	237	468	44	840	1352
26	95	10	186	291	2275	5	840	3120
27	30	12	213	255	3037	60	960	4057
28	70	5	108	183	888	28	480	1396
29	100	32	237	369	2957	18	720	3695
30	100	10	240	350	2617	90	1440	4147

* : en milliers de francs burundais

C.I : Consommations intermédiaires

ANNEXE 2 : Tableau de comparaison des produits bruts du lait de 1990 et de 2020 en milliers de francs burundais

	ANNEE 1990			**ANNEE 2020**		
Exploitants	Produit brut du Lait (Saison Pluvieuse),*	Produit brut Lait (Saison Sèche), *	Produit brut total du lait, *	Produit brut du Lait (Saison Sèche), *	Produit brut du Lait (Saison Pluvieuse),*	Produit brut total du lait,*
1	243	32	275	1755	1323	3078
2	324	63	387	4725	4914	9639
3	486	79	565	5400	6615	12015
4	324	63	387	810	756	1566
5	211	0	211	2430	2457	4887
6	194	32	226	5400	6804	12204
7	316	63	380	5130	4725	9855
8	162	0	162	2295	2646	4941
9	486	126	612	3105	3780	6885
10	486	63	549	13695	14910	28605
11	194	32	226	2160	2079	4239
12	486	126	612	6300	6615	12915
13	324	63	387	4725	5292	10017
14	1620	396	2016	6210	6993	13203
15	684	158	806	5130	6048	11178
16	324	63	387	2400	2268	4668
17	675	216	891	4050	4158	8208
18	389	63	452	1275	1134	2409
19	243	44	287	3915	4158	8073
20	243	32	275	3780	4536	8316
21	324	63	387	29205	29400	58605
22	324	63	387	3105	3591	6696
23	49	0	49	360	336	696
24	243	32	275	3780	4158	7938
25	135	21	156	3510	3969	7479
26	97	19	116	4995	6237	11232
27	194	38	232	6210	7560	13770
28	142	24	166	1350	1134	2484
29	92	0	97	2025	2268	4293
30	162	0	162	1500	15120	16620

* : en milliers de francs burundais

ANNEXE 3 Tableau de comparaison des produits bruts de la vente des vaches et du fumier de 1990 et de 2020 en milliers de francs burundais

Exploitants	**ANNEE 1990**			**ANNNE 2020**			
	Produit brut total du lait*	Produit brut de la vente des vaches*	Total P.B*	Produit Brut total du lait *	Produit brut de la Vente du fumier *	Produit brut de la	Total P.B*
1	275	515	790	3078	660	800	4538
2	387	835	1222	9639	500	3500	13639
3	565	1040	1605	12015	380	600	12995
4	387	694	1081	1566	180	1200	2946
5	211	451	662	4887	190	2900	7977
6	226	491	717	12204	550	0	12754
7	380	650	1030	9855	240	1800	11895
8	162	344	506	4941	200	2900	8041
9	612	1140	1752	6885	160	0	7045
10	549	1686	2235	28605	480	2500	31585
11	226	920	1146	4239	270	0	4509
12	612	1054	1666	12915	360	1900	15175
13	387	905	1292	10017	250	0	10267
14	2016	795	2811	13203	400	1750	15353
15	806	1340	2146	11178	240	2000	13418
16	387	925	1312	4668	0	7500	12168
17	891	880	1771	8208	180	4000	12388
18	452	260	712	2409	160	0	2569
19	287	233	520	8073	0	3000	11073
20	275	496	771	8316	270	4500	13086
21	387	584	971	58605	1600	0	60205
22	387	508	895	6696	300	1200	8196
23	49	104	153	696	120	0	816
24	275	311	586	7938	280	1600	9818
25	156	318	474	7479	400	700	8579
26	116	194	310	11232	560	0	11792
27	232	183	415	13770	580	450	14800
28	166	566	732	2484	190	1300	3974
29	97	112	209	4293	240	1300	5833
30	162	765	927	16620	750	0	17370

* : en milliers de francs burundais

P.B : produit brut

ANNEXE 4 : Tableau de comparaison des dépenses totales, produits bruts total et valeurs ajoutées en de 1990 et de 2020 en milliers de francs burundais

Exploitants	**ANNEE 1990**		**ANNEE 2020**		**ANNEE 1990**	**ANNEE 2020**
	P.B total, *	Dépenses totales, *	P.B. total, *	Dépenses totales*	Valeur ajoutée brute, *	Valeur ajoutée brute, *
1	790	401	4538	4297	718	1081
2	1222	284	13639	1600	1042	13239
3	1605	292	12995	4607	1306	9228
4	1081	236	2946	1244	1032	2302
5	662	211	7977	1515	611	7212
6	717	121	12754	5656	668	8298
7	1030	271	11895	2346	774	10989
8	506	228	8041	1339	464	7422
9	1752	257	7045	3831	1625	3934
10	2235	260	31585	5313	2118	27712
11	1146	299	4509	1112	2038	3877
12	1666	279	15175	3182	1622	12713
13	1292	247	10267	3516	1134	7351
14	2811	1291	15353	1499	1944	14694
15	2146	366	13418	3161	1911	11097
16	1312	467	12168	1171	1166	11477
17	1771	382	12388	2197	1405	10791
18	712	569	2569	1441	499	1608
19	520	265	11073	1803	486	9990
20	771	710	13086	2650	705	11276
21	971	245	60205	7026	930	54859
22	895	262	8196	1171	839	7625
23	153	124	816	1092	138	324
24	586	269	9818	3179	525	7359
25	474	237	8579	1352	441	8067
26	310	291	11792	3120	283	9512
27	415	255	14800	4057	364	11703
28	732	183	3974	1396	526	3058
29	209	369	5833	3695	154	2858
30	927	350	17370	4147	402	14663

* : en milliers de francs burundais

P.B : produit brut total

ANNEXE 6: Localisation géographique des stations zootechniques de l'ISABU et des principales zones d'élevage bovin d'après les données de la Direction générale de l'Élevage (2001).

