

BURKINA FASO

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPÉRIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE OUAGADOUGOU

FACULTÉ DES SCIENCES ÉCONOMIQUES ET DE GESTION
(F.A.S.E.G)

THESE

en vue de l'obtention du

DOCTORAT DE TROISIÈME CYCLE ÈS SCIENCES ÉCONOMIQUES

Spécialité: Analyse Economique du Développement

**LES MUTATIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES
DU SYSTÈME AGRICOLE: UN MODÈLE D'INTÉGRATION
CULTURE-ÉLEVAGE.**

Présentée et soutenue publiquement

Par:

SONGUE Yacouba

Directeur de thèse:

- CASPAR Schweigman, Professeur à
l'Université de Groningen, PAYS BAS.

Membres du Jury:

Avril 1997

*A Tous Ceux Qui,
Matériellement ou Spirituellement,
Ont Oeuvré à la Réalisation De Cette Thèse.*

AVANT-PROPOS

Né d'une famille paysanne, je connaissais les difficultés de mes parents. Aussi, après mes mémoires de maîtrise et de DEA sur la filière coton du Burkina Faso, je me suis rendu compte que les difficultés de mes parents étaient presque générales pour tous les paysans des pays en développement.

Le Professeur CASPAR SCHWEIGMAN, directeur principal de cette thèse, connaît bien les problèmes des pays en développement, ils (lui et ses collaborateurs) ont un grand désir à trouver des solutions au problème quotidien des masses paysannes, se nourrir. "L'Etude des Systèmes de Production Agricole du Plateau Central" montre leur effort dans la compréhension de la société rurale en tant qu'entité, avec ses normes sociologiques, démographiques, économiques et alimentaire; et qui ne sont souvent pas décrites en termes de modèles économiques et théoriques. Ces connaissances leur ont permis de formuler un modèle qui permet de comprendre les stratégies de production végétale des paysans. Mais il exclut d'autres domaines tels que la production animale (l'élevage).

C'est pourquoi, le Professeur C. SCHWEIGMAN intervenant à la fois dans le Projet Économie Quantitative et Politiques Agricole (RUG/FaSEG) et dans le programme international de recherche dénommé "Sécurité Alimentaire Durable en Afrique de l'Ouest Centrale" (SADAOC), a voulu m'associer aux études qui se mènent, dans le cadre de SADAOC, sur les systèmes de production au BURKINA FASO; avec l'appui financier du Projet Economie Quantitative et Politique Agricole.

Ils (lui et ses collaborateurs) m'ont demandé, le 8 Août 1994, si je pouvais m'occuper du volet élevage en l'intégrant dans le modèle déjà construit sur les systèmes de production végétale. Ma réponse était guidée par deux choses:

- premièrement, mon intérêt pour l'agriculture et en général pour ce qui concerne les problèmes des populations rurales était aigu; le travail qu'on me demandait n'était pas loin de mon champs d'intérêt;*
- deuxièmement, les cadres institutionnels étaient réunis pour réaliser mon désir: écrire une thèse.*

Je ne pouvais donc pas refuser. Mais j'ignorais l'effort qu'il fallait fournir pour venir à bout de ce travail; car résultant d'une démarche et d'un domaine nouveaux dans lesquels j'étais moins versé, l'effort à fournir était presque double. La thèse n'est qu'à ce prix.

J'attribue l'aboutissement de celle-ci au soutien et à la participation de plusieurs personnes et institutions. L'ampleur réelle de leur contribution ne peut être décrite en quelques mots. C'est pourquoi, les quelques lignes de remerciements doivent être interprétées comme des références à ces personnes et institutions.

REMERCIEMENTS

Ce travail, nous le disons tantôt, est le fruit d'une collaboration intense et fructueuse avec l'équipe INERA/RSP¹ Tougan, d'une part, en particulier, avec MM. A. MAATMAN et A. SIÉNOU et d'autre part avec MM. C. SCHWEIGMAN, C. LUTZ et A. RUIJS du Département d'économétrie de la Faculté des Sciences Economiques de l'Université de Groningen (Pays-Bas). C'est vraiment cette intense collaboration dans les domaines tels que l'élevage (Mr. A. SIÉNOU), la programmation linéaire (Mr. C. SCHWEIGMAN), la construction de modèles de programmation linéaire (MM. C. SCHWEIGMAN, A. MAATMAN, et A. RUIJS) et l'économie paysanne "peasant Economics" (C. LUTZ) qui a permis la présentation, dans un délai raisonnable, de cette thèse. Je ne saurai comment remercier tous les collaborateurs pour leur désir à me fournir tous les rudiments nécessaires à la réussite de mon travail. Je reconnais seulement en mon âme et conscience que j'ai une énorme dette envers eux.

Je dois aussi, énormément:

- à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FaSEG) de l'Université de Ouagadougou, à tous les enseignants dont les enseignements et les conseils ont été des motivations pour atteindre ce niveau d'étude;*
- au Centre d'Étude, de Documentation, de Recherches Économique et Sociale (CEDRES), dont les publications m'ont permis de comprendre le phénomène économique de ce pays;*
- au Projet RUG/FaSEG qui m'a offert le support financier pour la réalisation de cette thèse; et*
- au Programme de Bourse Jan Tinbergen (TSP) de la NUFFIC² pour avoir financé mon séjour d'étude (Avril à Octobre, 1996) à l'Université de Groningen; et qui m'a permis de venir à bout de ce travail.*

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont oeuvré pour que ce séjour soit un succès. Je pense à Mme. RUTTEN de la NUFFIC, à MM. C. SCHWEIGMAN et C. LUTZ de l'Université de Groningen et à Mr. S. SOULAMA de l'Université de Ouagadougou³.

¹ Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA)/ Programme de Recherches sur les Systèmes de Production (RSP).

² Jan Tinbergen Scholarships Programme (TSP), Netherlands Organization for International Cooperation in Higher Education (NUFFIC)

³ Mme. RUTTEN s'est occupée de la préparation de mon voyage (l'aller et le retour) et du paiement de ma bourse; Mr. C. SCHWEIGMAN, Mr. C. LUTZ et Mr. S. SOULAMA se sont portés garants de la réussite de mon séjour d'étude à l'Université de Groningen devant la NUFFIC en fournissant des pièces composant mon dossier.

Je tiens aussi à remercier du fond du coeur tout le peuple Néerlandais, pour sa sympathie et sa générosité, en particulier les familles DIJKSTRA (Sjoeke et Klaas) et VEENING (Luuk et TRÿn; Gerrit, Emmy et enfants: Martyn, Stephan et Thÿs) qui m'ont amicalement accueilli et m'ont offert un cadre familial au succès de mon séjour.

Mes remerciements vont aussi, très sincèrement, à tous ceux qui ont fourni un effort pour que le document ait une forme et un fond; mais dont les limites ne sont que mes limites personnelles et non les leurs. je pense:

- à MM. C. SCHWEIGMAN, A. MAATMAN, C. LUTZ et S. KABORE, qui ont été toujours disponible pour lire mes premiers brouillons que je n'hésitais pas à leur tendre et à attendre impatiemment leur réaction;

- à Mr. S. SOULAMA qui a apporté sa contribution à l'approfondissement de la réflexion sur certaines parties relatives à la théorie économique. Il a attiré mon attention sur la formulation des titres et sur les fautes de grammaire et d'orthographe;

- à mes promotionnaires et amis, en particulier Denis Ouédraogo et Sylvestre Ouédraogo.

Denis Ouédraogo a eu le courage de lire toute la thèse et a apporté des remarques pertinentes sur certains aspects, la structure des phrases et les orthographe des mots.

Sylvestre Ouédraogo avec l'expérience de sa thèse a attiré mon attention sur certaines erreur et m'a aidé à la mise en forme du document.

Je remercie aussi tous ceux qui ont eu une quelconque partie de ce travail mais dont les multiples occupations ne les ont pas permis de réagir.

Pour terminer j'adresse toute ma reconnaissance à mes parents et à toutes ma famille qui m'ont toujours encouragé dans cette oeuvre. Je dois ce travail aussi à ceux qui étaient quotidiennement proche de moi et qui ont facilité la rédaction de cette thèse. Je cite mon amie Rolande Ouédraogo, ma petite soeur Sougué Aminata, ma cousine Sougué Djénéba et mon cousin Sougué Rodrigue. Je leur dis sincèrement merci.

RESUMÉ

Dans les zones sahélo-soudaniennes, les systèmes de production agricole subissent des changements profonds. Les systèmes de culture itinérants et à jachère tendent vers des systèmes permanents. Le système d'élevage extensif subit l'effet de la dégradation des pâturages. Les engrais chimiques (pour la culture) et les aliments concentrés (pour le bétail) qui sont supposés remplacer respectivement le système de jachère et le fourrage naturel ne sont pas accessibles aux agriculteurs de ces zones. La culture et l'élevage, en s'intégrant davantage peuvent-ils contribuer à résoudre les problèmes de la fertilité des sols et de la dégradation des pâturages?

En s'appuyant sur un modèle de programmation linéaire prenant en compte les objectifs, les stratégies et les techniques de production des exploitations, la réponse paraît affirmative. Ces objectifs, stratégies et techniques sont fondés sur les contraintes naturelles, économiques (niveau de revenu), institutionnelles (règles ou accord sur l'utilisation des terres, des pâturages) et sociales (obligations communautaires, réciprocité), du milieu de l'exploitation.

a/ Les conditions climatiques et les caractéristiques des sols influencent les stratégies de production de l'exploitation. Elles déterminent le système de culture (variétés cultivées, technique de culture). Le statut de la terre (droit d'usage), ses caractéristiques (terres hautes, terres basses), sa situation (champs de case, champs de brousse), sa destination (champs communs, champs individuels) déterminent les types de culture et de gestion (quantité de fumure appliquée, type de sarclage: intensif, extensif).

b/ Le système d'élevage est défini par rapport au rôle que joue l'animal dans le système de production de l'exploitation (accumulation de richesse, épargne, assurance contre les risques de la production céréalières) et au système de gestion des pâturages (accès libre). Il détermine les paramètres zootechniques (taux de mortalité, de reproduction) et le régime alimentaire des animaux (utilisation du fourrages des pâturage de Juin à Novembre, les résidus de culture de Décembre à Mai).

c/ Les contraintes socio-économiques des exploitations (niveau d'éducation, formation, revenu) entravent l'acquisition et l'utilisation rationnelle des techniques. Ainsi, la notion de capital, des coûts de production ne sont intégrés dans la stratégie de production de l'exploitation. Elle est supposée utiliser la main-d'oeuvre des adultes pour la culture, avec un transfert vers l'élevage au moment des risques de dégâts et la main-d'oeuvre des enfants pour l'élevage.

En exécutant un tel modèle dont l'écriture au logiciel Gams est présentée en annexe 3, l'arachide et le sorgho blanc se révèlent être les liens fondamentaux de l'intégration culture-élevage. L'intégration de ces deux activités est possible par l'accroissement de la production de l'arachide pour sa valeur alimentaire et son fourrage et la production du sorgho blanc uniquement pour son fourrage (commentaire P.104). Elle peut résoudre les problèmes de dégradation des pâturages et de l'érosion des terres. Elle peut aussi améliorer la fertilité des sols par la production et la gestion rigoureuse de la fumure animale.

L'intégration de la culture et de l'élevage est possible mais elle pourrait suivre plusieurs étapes. L'étape que nous avons analysé si situe au niveau de l'utilisation des résidus de culture et du fourrage des pâturages pour les animaux. Son stade ultime pourrait être la stabulation des animaux avec l'utilisation soit uniquement des résidus de culture, soit associé aux sous-produits agro-industriels. Ce système réduit tous les coûts supplémentaires (externalités négatives) que supportent les producteurs inhérents au système d'élevage extensif. Ces externalités négatives peuvent être aussi une justification de l'intégration culture-élevage et constituer la problématique d'une autre étude.

SOMMAIRE

AVANT PROPOS

<i>CHAPITRE INTRODUCTIF: POURQUOI ET COMMENT INTÉGRER</i>	
<i>LA CULTURE ET L'ÉLEVAGE</i>	1
<i>I.1: Les problèmes de la production agricole.</i>	2
<i>I.2. Cadre théorique et méthodologique.</i>	7
<i>CHAPITRE DEUX: L'INTEGRATION CULTURE-ELEVAGE: UN PROCESSUS.</i>	14
<i>II.1. Les systèmes de production</i>	15
<i>II.2. Les rapports entre éleveurs-peuls et cultivateurs.</i>	21
<i>II.3. La transition vers l'intégration culture-elevage.</i>	28
<i>Conclusion du chapitre II</i>	33
<i>CHAPITRE TROIS: L'EXPLOITATION ET SON ENVIRONNEMENT.</i>	34
<i>III.1. Les caractéristiques de l'exploitation</i>	34
<i>III.2. Production animale et gestion des pâturages.</i>	44
<i>III.3. Les relations entre la culture et l'élevage.</i>	54
<i>Conclusion du chapitre III</i>	59
<i>CHAPITRE QUATRE: LES MODÈLES DE CULTURE, D'ÉLEVAGE ET LES</i> <i>INTERACTIONS.</i>	60
<i>IV.1. Le modèle de culture (Maatman, Schweigman, Ruijs).</i>	61
<i>IV.2. Le modèle d'élevage.</i>	73
<i>IV.3. Le modèle intégré.</i>	83
<i>Conclusion du chapitre IV.</i>	98
<i>CHAPITRE CINQ: LES ENSEIGNEMENTS DU MODÈLE INTÉGRÉ.</i>	99
<i>V.1. Production céréalière et production animale: quelle possibilité.</i>	100
<i>V.2. Production et consommation de l'exploitation</i>	103
<i>V.3. Des éléments pour approfondir ou améliorer le modèle</i>	109
<i>Conclusion du chapitre V</i>	111
<i>CHAPITRE SIX: L'ARACHIDE ET LE SORGHO BLANC LIENS FONDAMENTAUX DE</i> <i>L'INTÉGRATION: EN GUISE DE CONCLUSION</i>	112
<i>VI.1: Les leçons de l'étude</i>	113
<i>VI.2: L'arachide et le sorgho blanc, liens fondamentaux de l'intégration culture-</i> <i>élevage et les implications en termes de politiques.</i>	117
<i>VI.3: Quelques observations pour terminer</i>	120
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	123
<i>A N N E X E S</i>	132
<i>TABLE DE MATIERES</i>	204

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau II.1: Durée de culture, de jachère et intensité culturale (I.C.) en zone soudanienne</i>	18
<i>Tableau II.2: Test de rendement en paille (kg/ha) en 1987.</i>	32
<i>Tableau IV.2: Estimation des prix d'achat et de vente d'espèces (en centaine de FCFA/Espèce).</i>	94
<i>Tableau IV.3: Prix de vente (au producteur) et d'achat (au consommateur) des produits végétaux en FCFA/kg.</i>	95
<i>Tableau V.1: Comparaison des productions, des consommations, des stocks et des transferts de main-d'oeuvre en fonction du nombre de petits ruminants au début de la période de planification.</i>	100
<i>Tableau V.2: Prix de référence de la main-d'oeuvre de la fumure dans le modèle.</i>	102
<i>Tableau V.3: Production et Consommation par produit de l'Exploitation Centrale (en kg) en fonction des périodes.</i>	103
<i>Tableau V.4: Achat et Vente de produits et production animale.</i>	106
<i>Tableau V.5: Proportion de produits végétaux vendus.</i>	107
<i>Tableau V.6: Comparaison de l'effet prix sur les productions (végétales et de fumure).</i>	108
<i>Tableau A1.1: Densités démographiques moyennes, écart-types, coefficients de variation par provinces (hts/km²).</i>	141
<i>Tableau A1.2: Densités moyennes, écart-types, coefficients de variation des Provinces du Yatenga et du Passoré.</i>	142
<i>Tableau A1.3: Superficies (en km²), population et intensité d'exploitation de la zone d'étude.</i>	142
<i>Tableau A1.4: Densité de population rurale par superficie (hts/ha).</i>	143
<i>Tableau A1.5: Exploitations Agricoles en 1991.</i>	143
<i>Tableau A1.6: Pâturages, cheptel et densité animale par province.</i>	144
<i>Tableau A1.7: Répartition des ethnies par province (en % de la population totale des provinces de 1991).</i>	145

<i>Tableau A1.8: Pluviométrie moyenne (en mm), écart-type (en mm) et coefficient de variation par Province et de la zone d'étude.</i>	148
<i>Tableau A1.9: Nombre moyen d'animaux par exploitation selon les espèces et le village.</i>	151
<i>Tableau A1.10: Composition des troupeaux selon les espèces (en %)</i>	153
<i>Tableau A2.1: Nombre moyen d'animaux par personne selon les espèces et les provinces du Yatenga, du Passoré et du Sourou (en unité).</i>	154
<i>Tableau A2.2: Nombre d'animaux par ethnie selon les auteurs.</i>	155
<i>Tableau A2.3: Nombre moyen d'animaux par exploitation selon l'espèce et le village.</i>	155
<i>Tableau A2.4: Origine des animaux (en %)</i>	156
<i>Tableau A2.5: Devenir des ovins et caprins en %.</i>	156
<i>Tableau A2.6: Devenir des bovins selon les régions (%).</i>	157
<i>Tableau A2.7: Typologie régionale de l'échantillon enquêté.</i>	157
<i>Tableau A2.8: Données issues de l'enquête</i>	158
<i>Tableau A2.9: Composition globale des troupeaux ovins et caprins en %</i>	158
<i>Tableau A2.10: Composition Globale du Troupeau Bovin en % (pour l'ensemble de la zone d'enquête).</i>	159
<i>Tableau A2.11: taux de fécondité selon les espèces et les villages.</i>	160
<i>Tableau A2.12: taux de fécondité des bovins par classe d'âge selon les régions.</i>	160
<i>Tableau A2.13: taux de reproduction selon les régions.</i>	161
<i>Tableau A2.14: Taux de mortalité selon les espèces et les classes d'âge.</i>	161
<i>Tableau A2.15: Taux d'exploitation selon les classes d'âge.</i>	162
<i>Tableau A2.16: Taux d'exploitation (en %) des bovins par classe d'âge selon les régions</i>	163
<i>Tableau A2.17: Résumé des paramètres zootechniques par espèces.</i>	163
<i>Tableau A2.18: Estimation de la production de la strate herbacée pendant une année sèche selon les unités.</i>	166
<i>Tableau A2.19: Biomasse de la strate ligneuse en Février, après une année sèche, selon les unités.</i>	166
<i>Tableau A2.20: Estimation de la biomasse ligneuse par an et par zone écoclimatique.</i>	167

<i>Tableau A2.21: Pourcentage des exploitations pratiquant des réserves alimentaires selon les sites.</i>	<i>168</i>
<i>Tableau A2.22: Evolution en poids moyens des résidus de culture à Oursi et Lugga Kolel (kgMS/ha).</i>	<i>169</i>
<i>Tableau A2.23: Estimation des résidus de culture en kg/ha.</i>	<i>169</i>
<i>Tableau A2.24: Valeur fourragère de quelques pâturages.</i>	<i>170</i>
<i>Tableau A2.25: Puits, retenues d'eau (par unité) et capacité de stockage.</i>	<i>171</i>
<i>Tableau A2.26: Besoins journaliers en eau (en litres) des hommes et des animaux en période sèche (Mars, Avril, Mai)</i>	<i>171</i>
<i>Tableau A2.27: Division du travail chez les Mossi et Bissa (pourcentage du total d'heures passé à une tâche donnée attribuable à chaque catégorie de main-d'oeuvre).</i>	<i>172</i>
<i>Tableau A2.28: Nombre d'heures de travail moyen alloué à chaque catégorie d'activité associée à l'élevage, par ménage et par animal.</i>	<i>173</i>
<i>Tableau A2.29: Une estimation optimiste des besoins en main-d'oeuvre requis, par quinzaine, pour entretenir deux boeufs (heures).</i>	<i>174</i>
<i>Tableau A2.30: Activités agricoles en fonction du cycle de croissance de la variété cultivée.</i>	<i>175</i>
<i>Tableau A2.31: Durée d'une journée de travail dans les champs pendant la période de pointe du 16 juillet au 24 Août, 1973.</i>	<i>176</i>
<i>Tableau A2.32: Evaluation de la production de déjection par espèce (en kg) à partir des données de Lhoste et al.</i>	<i>177</i>
<i>Tableau A2.33: Marchés, Fréquences, Effectifs et Prix des bovins.</i>	<i>178</i>
<i>Tableau A2.34: Prix Annuel Comparatif d'Ovins et Caprins de Race Mossi (en centaine de FCFA/Tête).</i>	<i>178</i>
<i>Tableau A2.35: Prix Moyens de Vente et d'Achat par espèce et par village (en FCFA). . .</i>	<i>179</i>
<i>Tableau A2.36: Prix mensuels des céréales et de la viande sur les marchés de Fada-Gourma et Kaya</i>	<i>179</i>

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

<i>BDPA:</i>	<i>Bureau pour le Développement de la Production Agricole</i>
<i>CEDRES:</i>	<i>Centre d'Étude, de Documentation, de Recherche Économique et Sociale</i>
<i>CFDT:</i>	<i>Compagnie Française pour le Développement des Fibres Textiles</i>
<i>CIDR:</i>	<i>Compagnie International de Développement Rural</i>
<i>CRPA:</i>	<i>Centre Régionaux de Promotion Agro-pastoaral</i>
<i>FASEG:</i>	<i>Faculté des Sciences Economiques et de Gestion</i>
<i>ICRISAT</i>	<i>International Crops Reseach Institute for the Semi-Arid Tropics</i>
<i>INERA:</i>	<i>Institut d'Étude et de Recherches Agricole</i>
<i>ORD:</i>	<i>Organismes Régionaux de Développement</i>
<i>PIB:</i>	<i>Produit Intérieur Brut</i>
<i>RSP:</i>	<i>Programme de Recherche Sur les Systèmes de Production</i>
<i>RUG:</i>	<i>Université d'État de Groningen</i>
<i>SADAOC:</i>	<i>Sécurité Alimentaire Durable en Afrique de l'Ouest Centrale</i>
<i>SADC:</i>	<i>Système Agro-pastoral à Dominance Cultural</i>
<i>SADP:</i>	<i>Système Agro-pastoral à dominance Pastoral</i>
<i>SATEC:</i>	<i>Société d'Aide Technique et de Coopération</i>
<i>SOFITEX:</i>	<i>Société Burkinabè des Fibres Textile</i>
<i>SOSUCO:</i>	<i>Société Sucrière de la Comoé</i>

CHAPITRE INTRODUCTIF: POURQUOI ET COMMENT INTÉGRER LA CULTURE ET L'ÉLEVAGE

Cette thèse traite de l'intégration de la culture et de l'élevage⁴ dans la zone sahélo-soudanienne du BURKINA FASO. L'intégration culture-élevage peut être considérée comme un système dans lequel on recherche une synergie entre la production végétale et la production animale. Cette synergie peut s'appréhender au niveau de l'alimentation des animaux par les résidus de culture et la fertilisation des champs par la fumure produite par les animaux. L'intégration se justifie, aujourd'hui, par la baisse de la fertilité des sols et/ou par la faiblesse des infrastructures (voie de communication, système d'approvisionnement, marché) supposées faciliter l'accès aux facteurs fertilisants tel que l'engrais chimique.

Ce chapitre introductif comporte deux parties. La première tente de poser la problématique de l'étude et la seconde aborde les aspects théoriques, méthodologiques et s'achève par la présentation des objectifs et la structure du document.

⁴ Nous utiliserons le terme de culture (action de cultiver une terre, une plante) au lieu d'agriculture. Ceci, pour marquer une différence nette entre la production végétale et la production animale. En effet, le Petit Larousse Illustré 1992, définit l'agriculture comme une "activité économique ayant pour objet la transformation et la mise en valeur du milieu naturel afin d'obtenir les produits végétaux et animaux utiles à l'homme (...)". Par conséquent, nous utiliserons seulement le terme agriculture lorsque nous faisons allusion, à la fois, à la production végétale et animale.

I.1: LES PROBLÈMES DE LA PRODUCTION AGRICOLE.

Dans la problématique de l'économie du développement, beaucoup d'attention a été portée à l'agriculture et au secteur rural (MALASSIS, L.,1973). Ceci à cause du rôle fondamental que joue l'agriculture dans les économies des pays en voie de développement. Elle constitue un secteur important de l'économie de la plupart de ces pays. Cette importance peut-être mise en évidence soit par le pourcentage de la population agricole par rapport à la population totale, soit par celui du PIB agricole par rapport au PIB total, soit enfin par celui des produits agricoles dans les exportations totales (MALASSIS, L.,1973; BADOUIN, R.,1985). En considérant l'importance numérique de la population rurale par rapport à la population totale (85 % de la population burkinanè, recensement de 1985), on suppose que le niveau de la production agricole dépend de la performance (économique et technique) de cette population, des exploitations agricoles. Cette hypothèse tient une place importante dans les perspectives de l'intégration culture-élevage qui constitue l'objet de ce travail.

La problématique aborde les actions de développement agricole en passant par les conditions alimentaires pour aboutir aux questions de l'intégration culture-élevage.

I.1.1. Les actions de développement agricole.

En se basant conjointement sur l'importance de l'agriculture dans le processus de développement d'une économie nationale et sur la faible productivité du travail dans l'agriculture, les pays africains ont initié, en accord avec leurs partenaires au développement, des actions de développement rural. Ces actions peuvent se résumer à la vulgarisation des engrais chimiques, des variétés améliorées et à l'utilisation de la traction animale. Elles ont été confiées, au BURKINA FASO, à des institutions créées à cet effet. Au milieu des années '60, ont été créés les Organismes Régionaux de Développement (O.R.D.), actuels Centres Régionaux de Promotion Agro-pastorale (C.R.P.A). Ils sont chargés du développement agricole d'une région donnée.

Au début, chaque ORD bénéficiait du soutien d'une société d'intervention pour organiser l'encadrement. Ces sociétés étaient chargées, dans le cadre d'un contrat, de la mise en oeuvre du programme, d'organiser les services et de former les formateurs Burkinabè. Les méthodes d'encadrement différaient selon les sociétés. Ainsi, la Compagnie Française pour le Développement des Fibres Textiles (C.F.D.T.) concentrait ses interventions sur le coton, tandis que la Société d'Aide Technique et de Coopération (S.A.T.E.C.) et le Bureau pour le Développement de la Production Agricole (B.D.P.A.) décidaient de transformer l'exploitation agricole par la création de coopératives permettant la diffusion de la houe à traction asine, la vulgarisation de l'emploi des engrais et l'utilisation de nouvelles variétés. D'autres comme la Compagnie Internationale de Développement Rural (C.I.D.R.), introduisaient les pratiques communautaires dans l'organisation des cultures.

La création de coopératives servait de cadre à l'octroi du crédit pour l'obtention de la traction animale. Comme une force remplaçant la force humaine, la traction animale permettrait d'accroître la productivité du travail, et de lever les contraintes de main-d'oeuvre liées à la saison agricole. Mais, selon JAEGER, J.K., (1986), dans les régions semi-arides de l'Afrique de l'Ouest, les efforts pour promouvoir la traction animale ont eu des résultats limités. Comme le souligne BADOUIN, R. (1985) en citant Y. BIGOT (1977), en ce qui concerne les pays de l'Afrique francophone: "Dans les douze cas étudiés, la culture attelée a pu se développer une fois grâce à l'arachide, huit fois grâce à la culture cotonnière, tandis qu'elle restait embryonnaire dans les autres cas portant seulement sur des cultures vivrières mal commercialisées". Le succès de la traction animale est lié à la présence, dans une région, d'une importante culture de rente telle que le coton, l'arachide ou le riz et d'une structure de commercialisation et de crédit efficace. Par conséquent, les cultures vivrières profitaient moins de la traction animale et des engrais chimiques. Le résultat de ce processus est que beaucoup de pays en Afrique de l'Ouest ont enregistré un déclin de leur production par habitant durant les trois dernières décennies, particulièrement depuis la sécheresse des années '70 (JAEGER, J.K., 1987).

I.1.2. Les conditions de l'autosuffisance alimentaire.

La question alimentaire reste difficile dans les régions sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest. Elle est liée au niveau de production par habitant qui, elle aussi est liée aux conditions de production. Nous entendons par conditions de production les facteurs qui conditionnent la production: les facteurs climatiques non encore maîtrisés par l'homme, les facteurs économiques, institutionnels et les facteurs liés à l'homme.

Les facteurs liés à l'homme sont les décisions d'innover, de changer de techniques face à certaines contraintes.

Il est facile de constater, à travers les bilans céréaliers d'une région, que les années de mauvaises pluviométries précèdent les années de crise alimentaire. Ainsi, dans les régions à pluviométrie déficitaire, comme au Plateau Central du Burkina faso, le déficit alimentaire est chronique. Selon Maatman et Schweigman (1994), le déficit alimentaire probable dans cette région varie de 17 à près de 100 %.

La situation des sols (disponibilité et fertilité) sont aussi des facteurs qui déterminent la production et partant la situation alimentaire. La dégradation des terres est un problème bien connu au Plateau Central. En moyenne, en 1980, selon MAATMAN et SCHWEIGMAN (1994), près de 50% de la superficie disponible pour la production végétale était déjà mise en culture. Et même si les auteurs (MARCHAL, 1983; PRUDENCIO, 1983, 1987; cités par MAATMAN et SCHWEIGMAN, 1994) ne sont pas d'accord sur les changements intervenus dans la région, ils sont tous au moins d'accord sur le fait que la dégradation des terres, l'extension des superficies ont atteint leurs limites. L'impact de la révolution verte reste encore très faible.

Quelques initiatives locales existent pourtant, par exemple, la fertilisation des champs par la fumure animale (à l'exception des champs de case) était le plus souvent le résultat d'un contrat entre éleveurs de gros bétail (les Peulhs) et des cultivateurs (cf. Chapitre deux).

Cette pratique est en nette régression au Plateau Central (DJIGUEMDÉ, A., 1988). Pourtant presque toutes les exploitations possèdent du bétail (Annexe 2: A.2.1).

La question qu'on se pose est pourquoi les cultivateurs n'ont pas envisagé (si tôt) la conservation de la fertilité de leur ressource terre par la complémentarité de la culture et de l'élevage? Et pourquoi la recherche de cette complémentarité est une solution, aujourd'hui, au problème de l'agriculture. Ces questions sont traitées au chapitre deux. On peut déjà dire qu'au BURKINA FASO, les politiques et stratégies de développement de l'élevage ont été longtemps dominées par des actions sanitaires, auxquelles s'ajoutent les aménagements de zones pastorales et des circuits de commercialisation. Pendant longtemps, l'intégration de la culture et de l'élevage à travers leur complémentarité (fumure, résidus de culture) n'a pas été recherchée si ce n'est qu'à travers la traction animale.

L'intégration de la culture et de l'élevage se justifie à trois niveaux:

- d'abord par son importance sur le plan de l'équilibre alimentaire. En effet, l'élevage fournit un excédent de viande et de lait aux populations;
- ensuite, l'élevage représente une source précieuse de revenus grâce aux ventes (Chapitre 3: 3.2);
- enfin, par la complémentarité entre ces deux activités. En effet, l'élevage contribue à la fertilisation des sols par la fumure animale et la culture contribue à l'alimentation du bétail par les résidus de culture.

Malgré les avantages ci-dessus cités, des questions se posent sur les possibilités de l'intégration culture-élevage.

1.1.3. Les questions de l'intégration culture-élevage.

Deux questions se posent: la première question est où l'intégration culture-élevage est-elle possible? La deuxième est quel agriculteur, ménage ou exploitation agricole, est disposé à adopter ce système?

Où l'intégration culture élevage est-elle possible?

Dans les pays du Nord, des systèmes cultureaux fondés sur deux ou trois cultures ont prospéré là où les machines, les engrais et les pesticides étaient disponibles. La spécialisation dans l'agriculture a été synonyme d'intensification, d'investissements lourds et de très forts rendements. Elle a eu pour conséquence de séparer la culture de l'élevage. Dans le domaine de l'élevage, des laiteries, des porcheries et des poulaillers industriels, qui pour l'essentiel, achetaient les aliments destinés aux animaux se sont multipliés. Ces entreprises se trouvent aujourd'hui en face d'un problème d'accumulation de fumier (CTA,1995). L'élevage est vu dans ces pays comme une activité polluante et consommatrice de céréales.

Par contre, dans les pays en développement, les agriculteurs accèdent difficilement aux intrants tels que les engrais, les pesticides, la mécanisation et même l'eau. Les coûts de ces intrants, le manque de moyens de transports, la maîtrise des techniques sont autant d'obstacles à la mise en oeuvre de systèmes intensifs spécialisés.

Il apparaît que l'élevage peut contribuer, à travers le fumier, à améliorer la productivité des sols (LHOSTE, P.,1995) dans les régions où la culture et l'élevage sont possibles⁵. Dans la zone d'investigation, située dans la zone Sahélo-Soudanienne avec 600 à 800 mm de pluie par an (voir Annexe 1), l'intégration culture- élevage apparaît comme un élément central de la pérennité des systèmes agricoles.

⁵ Dans les régions désertiques à pluviométrie annuelle inférieure à 400 mm, où aucune activité agricole n'est possible, l'intégration culture-élevage est impossible. C'est la condition primordiale. Dans les zones humides, où le taux de mortalité dû aux maladies infectieuses est élevé, cela dépend des moyens sanitaires à mettre en place.

Quelle exploitation agricole est disposée à adopter l'intégration culture-élevage?

Le critère géographique (climat) n'est pas suffisant pour définir le type d'agent auquel nous nous intéressons. Il est facile de définir l'agriculteur comme celui qui a pour activité principale la culture. Si nous nous arrêtons là, on peut se poser plusieurs autres questions.

Quel type d'agriculteur (cultivateur, éleveur)? quels sont ses intrants? Comment sont-ils obtenus? Quels sont les extrants? Que deviennent-ils? Sont-ils consommés ou vendus? Au delà du critère géographique, la situation économique générale du pays ou de la région influence le comportement de notre agent hypothétique. Cette situation économique peut être liée aux infrastructures de communication et à l'existence de marché des produits. Cet aspect constitue le cadre conceptuel ou théorique de notre travail et permet de définir les caractéristiques de l'exploitation abordées au chapitre trois.

I.2. CADRE THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE.

Le cadre théorique aborde l'analyse du comportement économique des agents et le processus de la prise de décision au sein d'une exploitation (ménage). Il présente, aussi, les conditions dans lesquelles la décision d'intégrer la culture et l'élevage est susceptible d'être prise. Il n'aboutit pas à des hypothèses (à tester), mais à poser des postulats c'est-à-dire les conditions de l'analyse.

I.2.1. Le cadre théorique.

Dans la théorie micro-économique traditionnelle, les décisions de production, de consommation, d'offre de travail sont analysées séparément. Ces décisions sont analysées à travers le comportement des producteurs (maximisant leurs profits), des consommateurs (maximisant leur utilité) et des travailleurs (maximisant leur revenu).

Pour SADOULET, E. et DE JANVRY, A.(1995), la notion de ménage ou d'exploitation devient importante, toutes les fois qu'une même unité prend à la fois les décisions de production et de consommation. Les exploitations agricoles, dans les régions Sahéliennes, sont des unités qui internalisent partiellement ou totalement toutes les décisions; comme le souligne MAATMAN et SCHWEIGMAN (1994):

"L'exploitation Mossi peut être définie comme la collectivité humaine réunissant ses efforts sur une ou plusieurs (grands) champs communs dont le produit est affecté à l'alimentation collective des membres participant au travail et leurs dépendants inactifs (adapté de ANCEY,1975)".

En plus de ces aspects, ELLIS, F.(1993) aborde les relations des exploitations avec le marché des produits, des facteurs et les caractéristiques de ces marchés. Sa définition est la suivante:

*"Peasants are households which derive their livelihoods mainly from agriculture, utilise mainly family labour in farm production, and are characterised by partial engagement in input and output markets which are often imperfect or incomplete"*⁶.

Dans ces conditions, il est important d'étudier le comportement économique de ces agents en tenant compte du fait que l'organisation des activités productives sont aussi régies par le cadre institutionnel (la structure du marché existant) des exploitations. Dans l'analyse économique traditionnelle, le marché, et particulièrement la concurrence parfaite, constitue le cadre institutionnel; les prix sont les seuls liens entre les agents.

⁶ Nous donnons notre traduction de ce passage de la façon suivante: *Les paysans sont des ménages qui tirent leur subsistance principalement de l'agriculture en utilisant principalement la main-d'oeuvre familiale dans la production de la ferme. Ils sont aussi caractérisés par leur partiel engagement dans les marchés des facteurs et des produits qui, souvent, sont imparfaits ou incomplets.*

Cependant, lorsque les échanges ne sont pas possibles à travers le marché (information imparfaite et coûts de transactions), des institutions alternatives peuvent apparaître pour régler plus efficacement les transactions entre les agents. Ce qui expliquerait l'émergence ou la formation d'institutions (règles ou accords) économiques et la prédominance de celles qui répondent aux besoins des peuples concernés. C'est l'approche prise par les récents développements dans la théorie des institutions (STIGLITZ, J.,1985; SADOULET, E.& DE JANVRY,A.,1995).

En se référant aux économies de subsistance, on peut supposer que l'inexistence de structures formelles d'échanges (marchés), où l'offre et la demande sont supposées se confronter, a fait naître d'autres systèmes de droits, par exemple le droit à la terre, d'obligations réciproques (dons et contre dons). La limitation de l'échelle ou l'étendue des échanges a conduit à l'économie de subsistance, produire pour sa propre consommation. Par conséquent, les décisions de production et de consommation sont prises au sein de la même unité. En situant notre agent (voir I.1.3) dans un tel système, on peut admettre que l'intégration de la culture et de l'élevage s'impose aujourd'hui, parce que les structures d'échanges "élargies" (marchés) sont embryonnaires ou défailtants et que les conditions du changement de techniques, décrites ci-dessous sont réunies.

Dans l'agriculture, particulièrement dans celle des pays d'Afrique sub-saharienne, les facteurs de changement technique peuvent être classés en deux catégories. La première, historiquement connue est la démographie; à partir de laquelle des historiens contemporains considérés comme néo-malthusiens, ont élaboré une théorie des cycles agraires: quand la population s'accroît, la pression foncière s'accroît, les paysans tentent d'augmenter la production par des investissements humains (diguettes, irrigation, protection des cultures, nouvelles cultures).

En partant de cette base théorique, BOSERUP⁷ constate, en ce qui concerne les agricultures primitives, que l'augmentation de la pression démographique et la régression des jachères qui s'ensuit nécessitent une intensification en travail par unité de surface, et éventuellement une intensification en capital si certaines conditions sont remplies (technologies, financement, prix relatifs). Cette intensification provoque une nouvelle organisation sociale qui, ensemble avec le changement technique permettent une augmentation de la production agricole.

⁷ En nous référant à BARBIER,B.(1994) et à PINGALI,P. et al.(1988).

Depuis BOSERUP, plusieurs auteurs ont tenté de compléter le modèle de base; ils ne remettent pas en cause fondamentalement l'effet de la démographie, mais ils admettent qu'il faut d'autres conditions pour que la productivité des exploitations agricoles s'améliore. Parmi ces conditions (c'est la deuxième catégorie) on peut citer: l'innovation, l'accès au marché, les prix agricoles et les conditions agro-écologiques (PINGALI, P. et al., 1988). Les conditions agro-écologiques défavorables ont pour effet de pouvoir bloquer l'intensification. En effet, une intensification en travail, ne peut conduire à des gains de productivité que si des conditions climatiques et pédologiques minimales sont réunies. Par exemple, PINGALI et al. (1988) ont montré que dans plusieurs pays d'Afrique l'intensification ne peut se produire que si la pluviométrie et les sols le permettent. Ces contraintes sont réelles, aussi dans notre zone de recherche, mais ne sont pas insurmontables par l'homme. Tout dépend de sa décision de braver et de trouver des solutions à ces difficultés (contraintes). L'approche méthodologique tient aussi compte des efforts à fournir, à travers l'analyse normative, pour améliorer certaines conditions de production.

I.2.2. Approche méthodologique

Cette section examine la méthodologie de la construction d'un modèle de programmation linéaire. Habituellement, la programmation linéaire met en rapport les ressources et les contraintes pour déterminer les niveaux optimaux des ressources à utiliser en fonction de la production optimale. Un tel modèle (de programmation linéaire) a été utilisé par DELGADO (1980) dans la région de Tenkodogogo (au Sud-Est du BURKINA FASO) pour déterminer le niveau de la production (végétale et animale) d'une exploitation moyenne⁸ (représentative).

Une telle méthodologie est intéressante et permet d'expliquer, en partant des contraintes (quantifiables) et aussi des ressources, pourquoi les exploitations se livrent à telle activité plutôt qu'à l'autre. Elle a ses limites.

⁸ Les données utilisées sont des moyennes des valeurs enregistrées pour un échantillon de quarante-une exploitations.

Elle ne permet pas de comprendre et d'expliquer vraiment le comportement des exploitations paysannes. Le comportement des sociétés africaines, en général, dépend aussi des contraintes et des ressources non quantifiables telles les coutumes (droits et obligations des individus), les traditions (les interdits). Un facteur reconnu, aujourd'hui, comme influençant le comportement (de production) des exploitations est le droit foncier traditionnel.

Notre approche tient compte de ces aspects. Le modèle que nous élaborons se base sur une approche systémique⁹. Elle est une méthode structurée pour analyser une problématique assez complexe. Elle sert à délimiter les facteurs qui influencent les décisions des acteurs (ici paysans) et à mettre en relief les interrelations entre ces facteurs.

L'approche systémique sert de cadre de référence pour un modèle de programmation linéaire. Pour cela, elle exige une description adéquate des aspects importants. Dans cette description une distinction est faite entre l'analyse descriptive et l'analyse normative des stratégies des paysans. L'analyse descriptive dont les fondements sont la statistique, permet de décrire les stratégies des paysans et les facteurs qui les influencent. Les questions étudiées dans ce cadre, appelées questions empiriques, se rapportent à des situations réelles telles qu'elles se présentent actuellement ou se sont présentées dans le passé, et qui portent par exemple sur: les méthodes d'élevage, les espèces élevées, les raisons des ventes d'animaux. Les résultats statistiques sont fournis par plusieurs études villageoises exécutées au BURKINA FASO. Il s'agit par exemple de DELGADO, C.(1979, 1980) de l'ICRISAT (e.a. MATLON et FAFCHAMPS, (1988); de De BOER et al.(1994), de MEYER, J.F.(1989); des études sur les paramètres zootechniques du Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (MAE/PSA,1990).

⁹ Pour une bonne revue, confère Maatan, A, et Schweigman, C., 1994 chapitre 3. Cette approche est utilisée dans le programme international de recherche dénommé "Sécurité Alimentaire Durable en Afrique de l'Ouest Centrale" (SADAOC). Un des projets de ce programme porte sur "l'Analyse des Stratégies Paysannes" (ASP) exécuté par l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso. Ce présent travail s'intègre aussi dans ce cadre institutionnel et méthodologique.

L'analyse normative se réfère à des normes introduites pour savoir dans quelles conditions elles sont réalisables et comment elles pourraient être améliorées. Quelles espèces animales faut-il élever (gros ruminants, petits ruminants, volaille)? Comment les élever (en stabulation, en divagation)? Comment les nourrir (avec des sous produits industriels)? L'analyse normative porte sur les changements requis et les mesures qu'il faudra prendre pour les réaliser (MAATMAN et SCHWEIGMAN, 1994).

Notre problème d'intégration culture-élevage est à la limite un problème de décision, d'organisation, d'amélioration de certaines conditions de production. Peut-on accroître les rendements agricoles par l'utilisation de plus en plus accrue de la fumure animale? Comment cela est-il possible compte tenu du niveau des ressources et des contraintes? La réponse à ces différentes questions sont des intrants importants pour la construction du modèle de la programmation linéaire. Elle est (la programmation linéaire) surtout utile "quand on développe de nouvelles stratégies, réalise des plans d'améliorations, s'efforce de faire des progrès" (C. SCHWEIGMAN, 1993, P.15).

Elle est adaptée à notre étude compte tenu des aménagements, des efforts à faire pour mener à bien le système d'intégration culture-élevage.

Une bonne décision ou une bonne réponse aux questions précédentes, suppose une bonne connaissance de la situation actuelle ou passée des systèmes de culture, d'élevage et des facteurs qui les influencent. Comment des facteurs tels que la disponibilité de terre, de pâturage, d'eau, de main-d'oeuvre, d'engrais chimique, de système de crédit ou de revenu influencent la décision. Par exemple, le système de gestion des pâturages influence le système d'élevage et les stratégies. Cela montre qu'une bonne connaissance des réalités, pratiques sociales et économiques permettront de choisir une option possible.

1.2.3. Objectifs et Structure du document.

Notre objectif est d'explorer les possibilités d'intégrer la culture et l'élevage au niveau d'une "Exploitation Représentative¹⁰ ", en prenant en compte les contraintes imposées par l'environnement institutionnel (imperfection du marché, formation d'institutions remplaçant le marché). Nous utiliserons la programmation linéaire et le raisonnement déductif.

Trois questions guident notre réflexion:

1. pourquoi l'intégration de la culture et de l'élevage a été longtemps négligée?
2. pourquoi l'intégration culture-élevage pourrait être une solution?
3. quelles sont les voies d'une meilleure intégration entre ces deux activités?

Le document s'organise en six chapitres dont la structure est dictée par les trois questions précédentes. Le chapitre deux tente de répondre à la première question. Tandis que le chapitre trois tout en essayant de donner des réponses aux deux autres questions prépare le chapitre quatre, qui est la présentation du modèle. Le chapitre cinq porte sur l'analyse des résultats du modèle. La conclusion et les recommandations sont présentées au chapitre six.

¹⁰ La notion d'Exploitation Représentative a été définie par Maatman et Schweigman (1994) dont la méthodologie de définition est reprise au chapitre quatre de cette thèse.

CHAPITRE DEUX: L'INTEGRATION CULTURE-ELEVAGE: UN PROCESSUS.

L'interaction et l'intégration sont deux termes qui permettent de mettre en évidence ce processus. Selon MCINTIRE et al., 1992, l'interaction culture-élevage suppose les deux activités séparées, menées par deux exploitations différentes, mais complémentaires par les relations d'échanges qui existent entre ces exploitations (échange de produits agricoles contre fumure animale). Alors que l'intégration de la culture et de l'élevage suppose que les deux activités soient menées par une même exploitation.

L'intégration culture-élevage peut être définie comme un processus qui aboutit à un système dans lequel la culture et l'élevage sont simultanément menés. Le processus peut commencer par l'inclusion ou l'insertion de la culture dans le système d'élevage ou l'élevage dans le système de culture selon qu'on est cultivateur ou éleveur¹¹. Ce que l'on recherche c'est la synergie entre ces deux systèmes de production en vue d'accroître le revenu ou le gain résultant de la conduite des deux activités.

Pour mettre en évidence le processus de l'intégration, nous nous proposons d'abord d'analyser les systèmes de production. Ensuite nous essayerons de montrer les liens qui existaient entre les deux groupes (cultivateurs et éleveurs) et enfin nous essayerons de voir en quoi l'intégration peut s'imposer comme système.

¹¹ Si on part du système d'élevage, on accorde une place à la culture (production) de fourrage soit par l'intermédiaire des résidus de culture soit par l'intermédiaire de la culture fourragère. De la même façon, si on part du système de culture, on accorde une place à la production de fumure animale.

II.1. LES SYSTÈMES DE PRODUCTION

Un système de production, selon DUGUE, P. (1989), "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 des responsables de la production". On ne saurait comprendre le comportement d'un groupe (les responsables de la production) à une époque donnée, si on ne s'imagine pas que le système de production, les moyens de production sont le produit d'une époque et évoluent en fonction des changements de l'environnement. Cela est aussi vrai dans le système de production industriel. La question qui se pose est de connaître les facteurs de cette évolution? Dans le cas du système agricole, on peut citer: l'accès au marché, les prix agricoles, la densité démographique. Nous voulons d'abord nous concentrer sur l'évolution des systèmes de production avec comme facteur déterminant la démographie. On montrera, ensuite, comment des systèmes dits spécialisés, l'interaction des systèmes s'impose.

II.1.1. Effet démographique et évolution des systèmes de production.

a)/ Les étapes de l'évolution des systèmes de production.

L'évolution des systèmes de production (FAO, 1985) suit quatre étapes qui peuvent être brièvement présentées:

(1) On part de la période de cueillette, de chasse et de pêche; où les hommes "vivaient dans la nature". Ils n'avaient pas un lieu permanent où ils étaient installés. Ils ne pratiquaient ni de culture ni d'élevage de bétail.

(2) Ils ont commencé, sous certaines conditions, à pratiquer la culture itinérante et l'élevage extensif. Les cases étaient déplacées au gré des zones de culture et des pâturages. La chasse et la pêche étaient toujours importantes.

(3) Ensuite, ils ont commencé à avoir des lieux permanents où ils étaient installés. Les cases permanentes étaient près des champs et les cases temporaires dans les nouvelles parcelles.

(4) Enfin, les hommes vont commencer à intensifier leurs activités. On passera de l'étape rudimentaire de production à l'amélioration des méthodes de production. On notera la présence de cultures végétales, de plantations d'arbres, des cultures de rapport spécialisées (culture de rente: coton, cacao, café arachide etc...) et d'élevage dans les zones de savane.

L'élément déterminant dans cette évolution (cf. Chapitre Un, I.2.1) est la démographie, dont la croissance a des conséquences sur la durée de culture ou la durée de jachère.

b)/ Effet démographique sur la pratique de la jachère ou la durée de culture.

Jusqu'à la troisième étape de l'évolution des systèmes de production, nous supposons que la densité de population est faible. Cette période peut aller des "plus hautes antiquités" au moment du peuplement de l'Afrique, jusqu'au XVIII^e siècle¹².

La quatrième étape est relative à la période de forte pression démographique de l'humanité. Cette période, selon BAIROCH, P. (1992), commence dès la révolution néolithique. " Le passage d'une économie basée sur la cueillette et la chasse à celle axée sur la culture et l'élevage a eu, en effet, comme conséquence de permettre un peuplement humain beaucoup plus dense".

¹² Delgado, 1979; citant Thahirou (un Peulh de la région de Ouéguedo, Sud-Est du Burkina Faso) indique que les éleveurs de cette région arrivèrent au 18^e siècle de la région de Macina au Mali. DOUTRESSOULLE, G. (1947) indique aussi qu'une grande partie de la faune (animaux domestiques) de l'Afrique a été introduite par les peuples méditerranéens de race blanche. Cependant, certaines races d'animaux domestiques, telle la race naine de chèvres, qui ne se rattachent à aucune des races importées, ainsi que les méthodes d'élevage de leurs propriétaires (ils ne traitent pas les vaches) semblent indiquer la présence de noyaux autochtones.

Nous partons de l'hypothèse que lorsque la densité de population est faible, la superficie disponible par habitant est grande et la possibilité de pratiquer la jachère de longue durée existe. Dans ce cas, la jachère est le principal moyen de restauration des terres et les pâturages naturels sont les principales sources d'alimentation du bétail. La jachère est une portion de terre, anciennement cultivée et laissée au repos durant une période déterminée en vue de restaurer sa fertilité (adapté de DUGUE, P., 1989). Cette période peut aller de dix à vingt ans (FAO, 1985; FORNAGE, N., 1993) lorsque la disponibilité des terres cultivables le permet.

Les raisons économiques de cette pratique se trouvent dans le fait que la culture permanente d'une parcelle exige des apports de fertilisants chimiques ou organiques. Ce qui engendrent des coûts élevés par rapport à la pratique de la jachère. Le coût de la jachère peut être estimé par les coûts de la préparation (mise en valeur) d'une nouvelle parcelle. Si on suppose qu'à cette époque, l'engrais chimique n'a pas encore pénétré les villages, les seuls fertilisants que disposent les agriculteurs sont les composts (ordures ménagères) et le fumier. Les coûts liés à l'obtention de ces fertilisants sont pour le compost, les coûts de conservation et d'entretien (réalisation d'une fosse, arrosage quotidien); pour le fumier ce sont les coûts d'élevage et d'entretien des animaux ou le prix que paie le paysan pour qu'un éleveur viennent parquer les bovins sur son champs (cf II.2). En plus des coûts d'obtention, il faut ajouter les coûts d'épandage, les efforts que l'on fournit pour épandre le fumier sur le champ et les coûts de transport (KABORÉ, D., 1988) pour amener les fertilisants sur le champs. C'est l'une des raisons qui fait que les champs de case et de village sont mieux fertilisés que les champs de brousse.

Au fur et à mesure que la densité démographique augmente, l'occupation de l'espace devient plus dense. La superficie cultivable par habitant diminue. En ce moment, la durée de la jachère diminue aussi et tend à ne plus être pratiquée. Elle est remplacée par d'autres systèmes qui conservent et restaurent aussi la fertilité (aménagement anti-érosif, apport de fertilisant chimique ou organique).

L'indicateur de l'évolution des systèmes de production agricole est l'intensité culturale (I.C.) mis en évidence par JOOSTEN, 1962 cité par BARBIER, B., 1994. Elle est définie comme suit:

$$\text{Intensité culturale (I.C.)} = 100 * C / (C + J)$$

où C = nombre d'années de culture,

J = nombre d'années de jachère.

Pour RUTHENBERG (1983, cité par Barbier, 1994) les coefficients de distinction des systèmes sont les suivants:

- Culture itinérante I.C. ≤ 33 ;
- Jachère $33 \leq \text{I.C.} \leq 66$;
- Culture permanente I.C. ≥ 66 .

Pour EICHER et al.(1984), un système d'utilisation des terres est qualifié de cultures permanentes lorsque le coefficient de l'intensité culturale dépasse 70. Dans la zone soudanienne, MATLON et FAFCHAMPS (1988) ont déterminé à partir d'enquêtes auprès des paysans la durée de culture et de jachère; qui nous ont permis de calculer les coefficients d'intensité culturale présentés dans le tableau suivant:

Tableau II.1: Durée de culture, de jachère et intensité culturale (I.C.) en zone soudanienne.

Culture	Durée de culture (C)	Durée de Jachère (J)	I.C. = $100 * C / (C + J)$
Mil	15	8	65
Sorgho blanc	19	8	70
Sorgho rouge	28	11	72
Mais	14	8	64

Source: Matlon et Fafchamps (1988), nos calculs.

Le tableau montre qu'on est presque dans la situation de culture permanente. Les coefficients du mil et du maïs s'approchent de 66 et ceux du sorgho atteignent 70. La principale difficulté des systèmes de cultures permanentes est le maintien de la fertilité des sols. C'est en cela que l'intégration de la culture et de l'élevage s'avère nécessaire.

Nous venons de voir que les systèmes de production (durée de la jachère, durée de culture) évoluent en fonction de la densité de la population, et traduisent l'état des facteurs de production (terre, niveau des techniques). Cette évolution crée aussi de nouveaux rapports entre les systèmes de production (végétale et animale). C'est l'objet du paragraphe suivant.

II.1.2. Des systèmes spécialisés (culture, élevage) à l'interaction des systèmes.

On peut supposer que la division du travail s'effectue à la troisième étape de l'évolution des systèmes (choix des activités principales à exercer). Ce choix peut être fonction des aptitudes des individus ou des peuples ou des possibilités d'exploitation qu'offre la nature. Les gens vivant dans les savanes ou les forêts où les activités d'élevage et de culture sont possibles choisiront comme activité principale celle qui engendre moins de coûts en terme d'effort à fournir (BADOUIN, 1985) et la moins risquée.

Nous partons de l'hypothèse que le climat affecte les coefficients techniques et implicitement les coûts de production animale et végétale.

Nous opposons ici deux zones (classification de la FAO, 1985): la zone aride (de 100 à 600 mm) et la zone humide (de 600 à plus de 1500 mm) et deux activités, la culture et l'élevage.

Dans les zones arides, la valeur en protéine des fourrages des pâturages est plus élevée que dans les zones humides.

Aussi, le taux de maladie des animaux (nombre d'animaux malades dans le troupeau sur nombre total d'animaux) est plus faible que dans les zones humides¹³ (PENNING DE VRIES, et al., 1991). L'élevage paraît plus avantageux que dans les zones humides où le taux de maladie des animaux est élevé et la valeur en protéine des fourrages des pâturages est plus faible. Le problème dans les zones arides, est que les pâturages et l'eau ne sont pas disponibles sur toute l'année. L'eau et l'herbe deviennent rares en saison sèche. Les éleveurs doivent aller en transhumance vers les lieux où ces ressources sont encore disponibles. Ils se dirigent vers les zones humides, où la culture est la principale activité.

Nous supposons que jusqu'à la troisième étape (de l'évolution des systèmes), les systèmes fonctionnaient séparément. Les terres non cultivées étaient encore disponibles sur lesquelles les éleveurs venaient faire pâturer (ou alimenter) leurs animaux. A la quatrième étape, lorsque les terres non cultivées commençaient à devenir rares dans les zones humides, les zones de pâture aussi, des stratégies d'échanges de produits se sont développées entre les cultivateurs et les éleveurs. C'est ce que nous appelons interaction des systèmes.

Le phénomène d'interaction culture-élevage.

Lorsque l'intensité culturelle augmente, les systèmes itinérants sont remplacés par des systèmes permanents. Les cultivateurs cherchent des substituts aux jachères pour maintenir la fertilité des sols. Comme l'engrais chimique n'est pas assez répandue dans la région¹⁴, les seuls fertilisants à la disposition des paysans sont le fumier et les ordures ménagères.

¹³ Les groupes pastoraux sahéliens sont bien conscients de cette situation; à partir des constatations empiriques qu'ils font sur l'état de leur troupeau, sur la quantité et la qualité de la production laitière et sur la fertilité des femelles.

¹⁴ La vulgarisation de l'engrais chimique a été liée (au Burkina Faso) à la promotion de la culture du coton dans les zones où cette culture est possible. Dans les régions défavorisées, les seules méthodes de fertilisation à la disposition des paysans sont le compostage et l'utilisation de la fumure organique.

Pour obtenir ce fumier, les cultivateurs ont le plus souvent noué des contrats de fumure (cf. point II.2) avec les éleveurs. Cela a été possible parce que les éleveurs cherchaient aussi des solutions au manque de fourrage en saison sèche.

L'interaction des systèmes est relatif à cela. Elle met en évidence le rôle complémentaire des deux systèmes. Elle se définirait comme un rapprochement des deux activités donc des peuples: cultivateurs et éleveurs, sans qu'aucun d'eux se sentent obligés d'adopter véritablement les deux systèmes. Des relations d'échanges, de contrats vont s'établir entre eux pour l'utilisation des ressources (fumier, résidus des récoltes) et la satisfaction des besoins alimentaires (échange de céréales contre du lait).

L'interaction se caractérise donc par des contrats d'utilisation des résidus de culture pour l'alimentation du bétail et l'apport sur les champs de la fumure animale pour la production végétale (MCINTIRE et al.,1992). Ces échanges de produits entre cultivateurs, spécialisés dans la production végétale, et éleveurs spécialisés dans la production animale, peuvent s'effectuer sur le marché ou à travers les contrats. C'est l'objet de la partie suivante.

II.2. LES RAPPORTS ENTRE ÉLEVEURS-PEULS ET CULTIVATEURS.

Les rapports entre éleveurs et agriculteurs seront appréhendés à deux niveaux. D'abord, au niveau économique et ensuite au niveau des droits et obligations fondés sur la coutume.

II.2.1. Les rapports économiques: les contrats.

Un contrat, selon BROUSSEAU, E.(1993), est un accord par lequel des agents (économiques) s'obligent les uns envers les autres à céder ou s'approprier, faire ou ne pas faire certaines choses. Les analyses économiques des contrats tentent d'apporter des éclaircissements sur deux questions importantes. D'abord, elles cherchent à déterminer les modalités d'émergence des règles qui régulent les systèmes sociaux.

Ensuite, les théories des contrats analysent la nature de ces règles. Elles les décrivent et en évaluent l'efficacité pour les agents qui les utilisent (les participants au contrat) et pour la société dans son ensemble. Selon WILLIAMSON (1985), l'établissement des contrats est justifié par l'efficacité productive (utilisation optimale des facteurs disponibles). Les agents choisissent alors les règles contractuelles optimales.

Nous partons de l'hypothèse que les contrats de confiage et de fumure, qui constituent les deux points de cette section, visent la recherche d'une efficacité productive.

a)/ Le contrat de confiage.

Le contrat de confiage est une entente, un accord, entre cultivateur et éleveur, à l'issue duquel le cultivateur ou un groupe de cultivateurs confie ses boeufs à un éleveur. Les modalités de ce contrat ne sont pas formelles, c'est-à-dire établies par des documents signés par les deux parties.

Elles sont basées sur des liens de connaissance ou la durée des rapports existant entre les deux agents. Ces rapports antérieurs vont déterminer le degré de confiance que le cultivateur a de l'éleveur et la décision de l'éleveur à accepter ou refuser les boeufs du cultivateur.

Les clauses du contrat, en termes de droits et d'obligations sont variables. Elles dépendent:
-du nombre de boeufs laissés en garde aux éleveurs (plus les boeufs sont nombreux, plus la recette est élevée);

-les relations entre Peulhs et paysans (en général la confiance exige une longue période depuis les premiers rapports de connaissance).

Dans le cas général, le lait et le fumier reviennent de droit à l'éleveur. La rémunération peut aller de la somme d'argent, du mil, des noix de cola, du sel, à la cession d'un veau tous les trois ou quatre naissances.

Une étude de la SEDES (1971) indique que la "rémunération en espèce peut être fixe ou proportionnelle. Elle est fixe si le propriétaire a les moyens (fonctionnaire): le berger recevra 50 F CFA par mois par boeuf et 20 à 25 FCFA par mouton. Elle est proportionnelle par rapports aux ventes: c'est le cas le plus fréquent; le berger perçoit 500 FCFA par bovin vendu". MEYER, 1989 a montré que l'emploi d'un berger salarié est une forme de gardiennage assez peu répandue, sauf dans la province des Hauts-Bassins.

Les obligations de l'éleveur sont de deux sortes: la première est la franchise, qui se traduit par l'information du cultivateur de tous les événements qui surviennent (mise bas, décès, vente urgente en cas de maladie, départ pour la transhumance). Quand une bête meurt dans les buissons, l'éleveur apporte sa tête au propriétaire comme preuve de sa mort (DE BOER et al., 1994).

La transhumance entraînée par la recherche de meilleurs pâturages et l'eau est l'opération qui exige une plus grande confiance entre paysan propriétaire et éleveur. La deuxième est la capacité de l'éleveur à garder en secret le nombre de têtes que lui a confié le cultivateur. Pour cette raison, toutes les transactions entre cultivateurs et éleveurs-Peulh, à propos des boeufs, sont strictement personnelles. C'est pourquoi les transactions sont conclues en dehors du village, soit au champs, soit au campement Peulh.

KOHLER, J.M., (1971 p.78) rapporte à propos de ce comportement, que "les gens du commun ne peuvent guère espérer retirer du prestige de la possession d'un troupeau ou d'un quelconque bien matériel. Les richesses sont sources de divers dangers, car un rigoureux contrôle social tend en permanence à empêcher quiconque de se prévaloir d'une richesse matérielle pour prétendre à une promotion sociale. Chacun tient par conséquent à garder secret le nombre de boeufs qu'il possède, ce qui impose d'étroites limites à l'utilité pratique de ce bétail.

L'origine de ce système de gardiennage serait venu du danger que l'on cours en ayant beaucoup de bétail, synonyme de richesse, si l'on en croit KOHLER, J.M. rapportant les observations de E. MANGIN (1960 p.41) relatives à la région de Koupéla. "Il est impossible à un indigène de s'enrichir.

Trop de biens auraient excité la cupidité du naba (roi en mossé), qui aurait trouvé un prétexte quelconque pour imposer plus que d'autres ce administré trop entreprenant. C'est pourquoi ceux qui avaient quelques vaches, avaient bien soin de les cacher en les confiant à des peuls". Les Peulhs tiennent lieu de "banquiers suisses" ruraux quant à cela.

Ces raisons d'ordre psychologique ont joué un rôle à un moment donné. Mais les raisons d'ordre économique (spécialisation, efficacité) ont plus d'importance.

b)/ Contrat de fumure.

Les clauses du contrat de confiage stipulent implicitement que le fumier des boeufs revient de droit à l'éleveur. Le cultivateur s'en trouve donc privé. Au cas où les excréments des petits ruminants, généralement gardés à l'exploitation et les ordures ménagères, ne suffisent pas pour fertiliser les champs, le cultivateur fait appel à des troupeaux extérieurs (MILLEVILLE et al, 1981). Le contrat de fumure, accord entre cultivateur et éleveur peulh, est généralement conclu pour la saison sèche (Février, Mars). Cela est possible parce que les éleveurs gardent toujours des contacts avec les cultivateurs sédentaires (MONOD, 1975 cité par F.A.O., 1985).

C'est grâce aux cultivateurs sédentaires que les pasteurs obtiennent des aliments (céréales, légumineuses et légumes) et parfois de l'eau, du fourrage, une terre de pâture ou même de l'argent en distribution d'un travail à temps partiel dans une ferme. En échange des déjections animales les éleveurs obtiennent des cultivateurs la permission d'alimenter leurs troupeaux avec des chaumes ou des résidus de culture.

La condition première à la signature de ce contrat est la disponibilité d'eau sur le domaine du cultivateur ou dans sa région. BARREAUD, D.(1991) rapporte que la disponibilité en eau au niveau du département (SOLE au Yatenga) font que les contrats sont nombreux aux environs des trois points d'eau (Déré, Tibou et Dambatao) et beaucoup plus rare dans les autres villages.

La seconde condition, moins importante, est que le cultivateur accepte que l'éleveur installe son campement sur sa parcelle. L'éleveur, étant en transhumance, est éloigné de son territoire d'origine. Il peut être accompagné de sa (ses) femme(s) et de ses enfants. Les champs seront donc ouverts aux troupeaux après la récolte et les animaux y consomment, pendant quelques mois, les résidus de culture laissés sur les champs. Le soir, les boeufs sont rassemblés par le berger et restent sur le champs.

Les modalités du contrat sont variables. Hormis la disponibilité en eau et l'installation du logement, l'éleveur reçoit souvent du mil, du sorgho. Les quantités dépendent du temps passé sur les parcelles du cultivateur. Les avantages économiques du système de parcage sont obscures. Les quelques Peulhs interrogés par DELGADO, ayant participé à ces invitations, ont répondu que les seules motivations étaient leur redevance envers les paysans concernés. "Ils prétendent qu'il y eut une époque au cours de laquelle de tels procédés étaient généralisés, mais que le développement des jardins potagers de saison sèche, trop vulnérables et cultivés sur les terres basses du village, a rendu cette institution trop problématique pour être vraiment rentable" (DELGADO, 1979; P.80).

II.2.2. Les droits et obligations fondés sur la coutume.

La théorie des institutions dans sa partie économie des organisations traite des coutumes à travers les conventions. Les conventions sont des systèmes d'attentes réciproques des individus les uns envers les autres qui améliorent l'efficacité coopérative des acteurs concernés. Elle part de l'hypothèse que les agents ont une rationalité limitée et procédurale. C'est-à-dire qu'ils n'ont pas la possibilité d'établir un éventail de choix possibles. Dans ce cas, la convention est un moyen de faire face à l'incertitude; elle a sa source dans les interactions sociales (HUGON, P.,1992).

Nous parlerons de la convention fondée sur la coutume à travers la cession des terres et la gestion de l'espace.

a)/ La cession des terres.

La cession de terre aux éleveurs est une pratique récente. Les éleveurs ont ressenti la nécessité de se sédentariser à partir du moment où les produits de l'élevage ne semblent plus suffire pour la consommation d'un ménage peulh (DE BOER et al,1994). Ces auteurs estiment, en citant BROWN, 1971; DAHL et HJORT, 1976, qu'une famille qui vit uniquement de l'élevage a besoin d'au moins cinquante (50) bovins.

La dégradation continue de l'environnement aggravée par la sécheresse des années 1973, imposent que les ressources des régions du nord ne suffisent plus à nourrir de grands troupeaux (DELGADO, 1980). Les peuples éleveurs se déplacent avec leurs troupeaux pour s'installer dans les régions du sud plus favorables. DE BOER et al(1994) indiquent que 93% des peulhs sont arrivés dans le Département de Tô (Province de la Sissili, au sud du Burkina Faso) les vingt dernières années. Selon eux, 82% des Peulhs ont immigrés surtout à cause du manque de pâturage au nord. Ces informations indiquent qu'à part les déplacements reconnus depuis longtemps aux éleveurs (transhumance, nomadisme), un autre mouvement, l'immigration définitive au temporaire, a commencé depuis la deuxième moitié du vingtième siècle. Les lieux d'installation sont des zones favorables à l'élevage et à la culture. La culture s'impose comme une activité secondaire pour compenser l'insuffisance des ressources de l'élevage pour l'alimentation.

Les lieux d'installation se trouvent toujours dans le territoire d'un village, qui est l'ensemble des terres dont la mise en culture est subordonnée à l'accord du chef du village. Les limites du terroir agricole sont connues et leur origine se trouve dans l'histoire de la fondation des villages. Par contre, les limites de l'espace pastoral ne sont que vaguement connues et il n'y a pas de réglementation au niveau de l'accès aux pâturages (DE BOER et al. P. 45). En principe, tout le monde a le droit de s'installer et d'y cultiver, mais il est d'usage de demander l'autorisation au chef de village ou au chef de terre. Ce dernier est tenu par la coutume, d'attribuer des terres à tous ceux qui lui en font la demande.

Lorsque les terres cultivables deviennent rares, cette cession privilège d'abord les ethnies autochtones, et parmi elle, les lignées fondatrices du villages (FORNAGE,1993; DE BOER et al,1994). Ainsi, les immigrants (Peulhs dans notre cas) doivent se contenter des terres pauvres et éloignées du village. Malheureusement, cette proximité de leurs animaux de l'espace habité porte souvent atteinte, pendant la saison des pluies, aux champs de brousse.

b)/ La gestion de l'espace et les conflits.

Même si l'accès aux pâturages est libre, le rapprochement des troupeaux des endroits cultivés crée des problèmes sociaux. C'est pour faire face à ces problèmes que des accords, en ce qui concerne l'utilisation de l'espace ont été traditionnellement définis entre la communauté des cultivateurs et celle des éleveurs. Nous parlerons d'abord des accords sur l'utilisation de l'espace avant de parler des conflits et de leur gestion.

(1)/ Les passages réservés aux boeufs et sur lesquels les villageois ne font pas de champs sont matérialisés de deux façons: par des piquets et par les buissons qui y sont laissés. Les anciens passages résultent d'une entente entre le chef de village Peulh, utilisateur de ce passage et le chef du village des cultivateurs. Pour les passages récemment implantés et piquetés il y a généralement une intervention du Maire, de l'encadreur et du vétérinaire. On constate que la circulation des troupeaux est devenue pénible parce que les passages sont occupés par les champs. Les passages autour du village sont occupés par les nouveaux champs. Ceux en brousse, vers les points d'eau et les bas-fonds, servant de pâturages sont récemment occupés par la culture de riz.

(2)/ Le résultat de ces évolutions est l'augmentation des dégâts causés par les boeufs sur les champs. On distingue deux époques de dégâts:

* Aux mois de juin, juillet, août, au moment où les céréales sont encore en pousse, c'est le moment de la petite transhumance. On ne peut pas parler d'une pénurie de pâturages proprement dite parce que l'herbe et l'eau sont abondantes. Ce sont surtout le blocage des passages qui causent ces dégâts.

* De septembre à Janvier, au moment des récoltes. C'est le temps de la petite transhumance et de la transhumance parcage. L'herbe devient de plus en plus rare. A la fin, les troupeaux manquant d'eau et de nourriture en brousse, se dirigent vers les villages pour y trouver de l'eau et les résidus de récoltes.

Lorsqu'un dégât est causé, le règlement du conflit a lieu devant les autorités et les intéressés. Les autorités sont autrefois le chef des peuls et le chef de terre ou du village. Actuellement, avec l'affaiblissement de ces pouvoirs traditionnels, le règlement a lieu devant le maire ou le préfet et ses notables.

Nous venons de voir les rapports économiques entre la communauté des éleveurs et celle des cultivateurs. Nous avons montré que l'origine du contrat de confiage se situait dans les répressions sociales. Mais, en suivant DELGADO (1980), les raisons d'efficacité productive, échange de produits et de compétence, ont pris le dessus.

Avec les contraintes de l'environnement physiques (réduction des pâturages principalement), les éleveurs se sédentarisent et adoptent les pratiques culturales. Les rapports économiques entre ces deux communautés s'affaiblissent et des rapports de solidarité (cession de terre) et aussi de conflits, à propos de l'utilisation de l'espace, prennent le dessus. La dégradation des sols et le changement de ces rapports imposent de nouvelles stratégies pour faire face au problème de restauration de la fertilité des sols. La solution semble se trouver dans l'intégration de l'élevage et de la culture.

II.3. LA TRANSITION VERS L'INTEGRATION CULTURE-ELEVAGE.

Nous voulons montrer, premièrement dans cette partie, le processus qui peut mener vers l'intégration; ensuite, nous verrons comment l'intégration modifie la répartition des facteurs de production.

II.3.1. Le processus vers l'intégration.

Nous avons déjà identifié deux étapes dans l'évolution des systèmes de production.

La première est liée à la période de faible densité de population. Elle se caractérise par le recours à la jachère comme système de restauration des sols.

La deuxième étape est liée à la diminution des possibilités d'extension des terres cultivables; causée par l'augmentation de la densité démographique. A cette étape, la pratique de la jachère comme système de restauration des sols n'est plus possible. Les cultivateurs ont recours à d'autres systèmes de fertilisation tels que le compostage, le paillage et le parcage des animaux sur les parcelles. La recherche de fertilisants organiques par les cultivateurs a engendré des systèmes de contrats entre eux et les éleveurs. Cette période tend vers sa fin compte tenu d'un certain nombre de contraintes:

- la plus importante est la dégradation de l'environnement et les sécheresses successives. Cette contrainte, nous l'avons vue, oblige les éleveurs à se sédentariser et à cultiver les céréales. Dans ces conditions, l'offre de fumier aux cultivateurs et les contrats de fumure diminuent;

- la deuxième contrainte, est l'accroissement continu de la densité de la population, qui limite de plus en plus les terres cultivables et oblige à une plus grande intensification.

L'intégration culture-élevage apparaît ainsi comme une réponse à la restriction de l'offre du fumier par les éleveurs et/ou à la rareté des possibilités de conclure de contrats de fumure. Comme l'obtention des fertilisants chimiques est difficile (contrainte de transport, contrainte de revenu), les cultivateurs commencent à accroître leur troupeau pour obtenir du fumier. HILL, 1972 (cité par MCINTIRE, J., 1992) note que, dans une région de culture intensive autour de Batagarawa au NIGERIA, les fermiers ont adopté les entreprises mixtes dans le but d'assurer une adéquation de l'offre de fumier qui était devenu inaccessible à travers les contrats traditionnels. Cela suppose qu'il existe des contraintes au recours à d'autres solutions telles que l'engrais chimique.

a)/ Les conditions favorables à l'intégration.

A chaque étape de la transition vers une plus grande intensification, le choix pour les cultivateurs est soit de continuer l'interaction par le marché et les contrats, soit d'intégrer le système d'élevage dans leur système de culture. Pour que l'intégration soit plus avantageuse que l'interaction, il doit exister une contrainte à l'interaction à travers les contrats ou les marchés. La contrainte est que l'offre de fumier à travers les contrats se réduit. Parce que les éleveurs se sédentarisant et adoptant les cultures utilisent le fumier. Une contrainte fondamentale est le coût élevé du transport par unité de matière première, fumier et résidus de culture, en force de travail. En effet, les champs de brousse sont éloignés des concessions, et toutes les exploitations ne disposent pas de moyens de transports tels que la charrette. Les coûts de location semblent élevés.

Selon FORNAGE (1993), une charrette de poudrette (entre 100 et 150 kg) s'échange en brousse entre 750 et 1000 F soit en moyenne 7 F/kg. Un traitement de 4 tonnes/ha reviendrait à 28000 FCFA. Une autre contrainte est le prix élevé des fertilisants chimiques. Les enquêtes de FORNAGE (1993), montrent qu'il existe deux problèmes: défaut d'approvisionnement et coût élevé. En ce qui concerne l'approvisionnement, il mentionne que le sac de NPK (engrais coton) vaut 6900 FCFA (prix de 1992) à OUAHIGOUYA (yatenga). Bien que son transport en brousse ne coûte que 200 F, il est rarement disponible sur les marchés (surtout en saison de pluie). S'il est disponible, les commerçants le revendent à 200 F/kg soit 10000 F le sac). En ce qui concerne les coûts, même si une amélioration de l'approvisionnement en NPK, permet de diminuer le coût direct "rendu brousse" à 7150 F (prix de 1992), il n'en reste pas moins que la trésorerie réduite des paysans empêche 95% d'entre eux d'en acquérir. Le fumier semble être une solution alternative, mais pour qu'il atteigne les résultats attendus, il faut une amélioration de sa qualité.

b)/ Amélioration de la qualité du fumier.

Le fumier peut être le principal bénéficiaire de l'intégration culture-élevage. Des études ont montré qu'il fournit des nutriments au sol, qu'il peut permettre un système intensifié de culture stable (PADWICK,1983; MOKWUNYE,1980; PERI,1986)¹⁵. Des études sur plusieurs sites africains montrent que le fumier augmente les rendements et améliore la matière organique du sol (JONES,1971 pour le NIGERIA; MCWALTER et WIMBLE,1976 pour l'UGANDA, PICHOT et al,1981 pour le BURKINA FASO)¹⁶. Malgré ces résultats positifs, les études montrent que le fumier est souvent, seulement, employé sur de petites superficies, et n'est quelque fois pas du tout utilisé (MALTON et FARCHAMPS,1988). Là où il est utilisé, c'est dans une inefficience agronomique: il est rarement stocké, mélangé aux détritiques ou composté. Cela s'observe dans les pratiques d'obtention et d'utilisation du fumier. En effet, durant le contrat de fumure, les déjections des animaux sont faiblement incorporées dans le sol par piétinement et irrégulièrement réparties sur la parcelle (concentrées sous les arbres).

La longue exposition au soleil, en saison sèche, augmente d'autant la minéralisation. De même la stabulation nocturne sans apport de paille ne produit que de la "poudrette de parc", fortement minéralisée, pauvre en potassium et en composants humides stables. Même si cette poudrette est appliquée en quantité importante (ce qui est rarement le cas), elle n'améliore que marginalement la structure du sol (FORNAGE,1993). Il (FORNAGE) montre que la qualité du fumier peut être améliorée en réalisant une fosse de compost et en y incorporant 200kg de phosphate (Burkina phosphate). Il indique, selon ses enquêtes, que les temps de travaux, pour la réalisation d'une fosse donnant environ 1,5 tonne de compost, s'élèvent à 12 jours/hommes.

¹⁵ Ces auteurs sont cités par MCINTIRE, J. et al.,1992.

¹⁶ Idem comme la note 4.

II.3.2. L'intégration modifie la répartition des facteurs de production.

A ce stade de notre analyse, on peut dire que le système d'intégration agriculture-élevage est incontournable. Cela suppose des modifications dans le système de production. Dans une première phase, on peut considérer que les modifications les plus significatives pourraient provenir d'un changement dans l'utilisation de la main-d'oeuvre. La répartition de la main-d'oeuvre dans le sens d'une gestion rigoureuse des activités d'élevage (collecte, stockage de fumier) et de culture (application de fumier, accroissement de rendements de résidus de culture). L'accroissement des rendements des résidus de culture pourrait conduire à un système de stabulation des animaux. Le tableau suivant montre que l'intensification, par une plus grande utilisation de l'engrais, accroît le rendement de paille (résidus de culture) qui sera désormais stockée pour l'alimentation du bétail.

Tableau II.2: Test de rendement en paille (kg/ha) en 1987.

Traitement	Sabouna	Ziga	Boukéré
Nombre de répétition	7	14	13
Témoins sans engrais	2071	2126	3269
Fumure faible (7-12-7)	2192	2619	4117
Fumure vulgarisé (14-23-14)	2383	2916	4480
Coefficient de variation	8%	15%	13%

Source: DUGUE, P., 1989.

Le système de stabulation réduirait la main-d'oeuvre requise pour la conduite et la surveillance des animaux. Cette réduction se ferait en faveur de la culture pour accroître davantage les rendements des cultures (grains, résidus).

Dans les premières phases de la stabulation, des travaux de construction de bâtiments de rétention d'eau sont nécessaires; par exemple en creusant une mare pour capter les eaux de ruissellement en quantité suffisante pour l'abreuvement durant toute la période sèche. Des équipements tels que la charrette, la traction animale, sont nécessaires pour le transport et la préparation des sols.

Nous venons d'indiquer ce qui pourrait être l'intégration. C'est un processus qui arrive et s'impose aux cultivateurs et aussi aux éleveurs lorsque les contraintes de terre et de pâturages se font sentir. Elle devient la voie indiquée pour intensifier les cultures, lorsque les fertilisants chimiques ne sont pas accessibles. Mais elle exige des investissements en force de travail et en matériels.

CONCLUSION DU CHAPITRE II

Au terme de ce chapitre, on peut retenir trois grandes idées:

1/ La situation évolue vers une remise en cause des anciennes pratiques, surtout dans le Yatenga et le Passoré (voir Annexe 1). La densité démographique est le déterminant du système extensif de production (culture, élevage) à un système plus intensif. Ce système intensif est caractérisé par la réduction de la durée de la jachère et le recours à des accords d'échange de produits entre cultivateurs spécialisés et éleveurs spécialisés.

2/ L'évolution des données climatiques (diminution des précipitations, sécheresse) associée à la réduction des espaces de pâtures imposent de nouvelles rationalités aux éleveurs. La sédentarisation et l'adoption des pratiques culturales, sans toutefois abandonner l'élevage de bovin, devient leur stratégie.

Les cultivateurs recherchent aussi des voies pour la fertilisation des sols, du fait de la réduction des possibilités d'extension des surfaces, de la pratique de la jachère et des contrats de fumure avec les éleveurs. Une des voies en matière de fertilisation est le maintien des troupeaux sur l'exploitation en vue de la récupération de fumier et de son utilisation sur les champs.

3/ Les politiques agricoles ont toujours encouragé l'intensification par l'utilisation de la traction animale et des produits fertilisants. Mais ces efforts ont surtout concerné des zones favorables aux cultures de rente d'exportation telles que le coton. Les autres zones vouées à la production vivrière telles le Nord et le Centre ont été marginalisées.

Les infrastructures de distribution des produits fertilisants n'ont pas été développées dans ces zones. L'intégration culture-élevage pourrait être une solution pour les zones marginalisées et soumises à de multiples contraintes. La question est comment cela pourrait être possible au sein d'une exploitation. C'est toute notre préoccupation dans le chapitre suivant.

CHAPITRE TROIS: L'EXPLOITATION ET SON ENVIRONNEMENT.

Dans ce chapitre, nous voulons expliciter les éléments importants qui influencent la décision au niveau de l'exploitation d'intégrer la culture et l'élevage. Parmi les éléments, les conditions socio-économiques de l'exploitation, les systèmes de gestion des ressources naturelles (terres et pâturages), l'intégration dans le système des échanges (marché) seront privilégiés. Le système des échanges ou les possibilités d'échange, de distribution des produits jouent un rôle important et permettent d'expliquer pourquoi l'exploitation doit internaliser les activités de production végétale et animale. Nous commencerons par les traits caractéristiques de l'exploitation qui font l'objet de la première partie de ce chapitre. La deuxième partie traite de la production animale et de la gestion des pâturages. Elle permet de définir le modèle d'élevage formalisé au chapitre quatre. La troisième partie met en évidence les relations entre la culture et l'élevage au niveau de l'exploitation.

III.1. LES CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION¹⁷

La recherche des traits caractéristiques de l'exploitation est basée sur des critères techniques (possession et utilisation d'un équipement), économiques (intégration dans le système des échanges). Il s'agit des mutations nécessaires au sein de l'exploitation pour mener à bien le système d'intégration culture-élevage.

¹⁷ Cette notion fait allusion aux notions d'exploitation moyenne, d'exploitation représentative, d'exploitation centrale (cf. chapitre IV, IV.1.1) dont les caractéristiques démographiques et de production végétales ont été définies par Maatman et Schweigman (1994). Nous recherchons en plus de ces caractéristiques, les caractéristiques techniques de production (végétale et animale), les rapports avec le marché et la capacité à intégrer les activités de culture et d'élevage. Ces caractéristiques seront supposées suffisamment généraux pour être applicables au plus grand nombre d'exploitations.

III.1.1. Les mutations techniques et économiques.

ADAM SMITH écrivait au début du XIX^e siècle: "le jour où, par l'amélioration de la culture de la terre, le labour d'une seule famille permettra d'en nourrir deux, le travail de la moitié de la population suffira à nourrir la société toute entière. L'autre moitié pourra donc être employée en majeure partie, tout au moins, à fournir d'autres choses, ou à satisfaire d'autres besoins et aspirations de l'humanité" (MALASSIS, L., 1973). Aujourd'hui, les prévisions de Smith ont été largement dépassées dans certaines régions, puisqu'une famille d'agriculteurs dans les pays "avancés" peut nourrir environ vingt familles urbaines. Mais dans d'autres régions, les familles d'agriculteurs arrivent difficilement à se nourrir elles-mêmes. C'est le cas dans les régions sahéliennes du BURKINA FASO. On peut remarquer que la croissance dans les pays développés n'a pu être obtenue qu'au terme d'un long processus de progrès techniques et de transformations sociales. Nous voulons d'abord aborder certains aspects techniques avant les aspects économiques et sociaux.

a)/ Les aspects techniques.

Les objectifs fondamentaux des stratégies d'accroissement de la production agricole ont consisté à modifier les conditions de production des paysans, ce qui impliquait le plus souvent un changement des modes de production ou des conditions socio-économiques. Dans ce sens, des efforts ont été déployés pour inciter les cultivateurs à augmenter les rendements, à utiliser les engrais, à employer la traction animale, à prendre garde à la bonne conservation des sols. Mais les études montrent (voir Chapitre 1: I.1.1) que la diffusion de la culture attelée est facilitée par la présence d'une culture de rapport dans le système de culture. Cela montre que les structures de commercialisation, les voies de communication et les systèmes d'information jouent un rôle important dans la diffusion et l'adoption des techniques. Leur imperfection bloque le système des échanges et "oblige" l'exploitation à internaliser toutes les décisions de production et de consommation.

Par conséquent, un facteur de production acquis est à la fois utilisé pour la production et la consommation. Par exemple, la charrette est à la fois utilisée pour le labour des champs (production) et le transport de bois de chauffe. Comme l'écrit TERRIBLLE, M.P.B. (1981) "la culture attelée sert trop souvent à augmenter les surfaces cultivées et à transporter du bois, alors qu'elle devrait permettre de cultiver mieux et de faciliter le transport des récoltes et de matière organique".

L'utilisation d'équipement (charrue ou houe manga) est estimée à 16% des exploitations dans la province du Yatenga et à 19% dans le Passoré (Recensement national, CRPA du nord). Cela montre qu'une grande partie des exploitations cultive sans la traction animale. L'exploitation (paysanne) se caractérise donc par l'utilisation de la main-d'oeuvre familiale comme moyens de production. Ce trait ne remet pas en cause la location de main-d'oeuvre pendant les périodes de pointe de récolte ni la vente de la main-d'oeuvre familiale. En effet, pour certaines exploitations, cela peut être la base de leur survivance (migration de travail, envoi d'argent aux membres restés sur place). Mais nous ne considérons pas dans notre analyse les aspects de location et de vente de main-d'oeuvre. L'un des aspects que nous voulons aborder est l'influence trop importante que reçoivent les exploitations paysannes du monde extérieur.

L'idée d'influence met en évidence l'ouverture de la communauté paysanne aux technologies modernes et au système de marché (aux échanges). En effet, la communauté paysanne vivait dans une économie de subsistance avec leur technologie et leur croyance (institutions). Leurs outils et leurs institutions étaient adaptés aux réalités économiques et sociales comme l'écrit TERRIBLE, M.P.B., 1981:

"Les outils du cultivateur ont des formes et des dimensions adaptées aux conditions de culture et de sol (...). Tous les intermédiaires existent et on peut constater que, du sud au nord, le manche s'allonge et fait un angle de plus en plus ouvert avec le fer".

Dans le cas du Plateau Central, BROEKHUYSE (1985) écrit: "La technologie Mossi, constituée d'une petite hache et d'une petite houe avec de courts manches en bois, était bien adaptée à ce type de sol; le semis et le désherbage étaient faciles, les problèmes d'eau et de labour n'existaient pas. Les sols préférés pour l'usage des cultures étaient le Bisiga/Bole sablonneux dans les forêts d'accasia. (...) La floraison de l'accacia contient de l'azote qui, après digestion animale est rendu au sol, peut être absorbé par des plantes telles mil et sorgho. D'autre part, l'arbre perd ses feuilles juste avant la saison des pluies, rendant ainsi possible la culture en sous-bois. L'accacia albida était autrefois protégé par des croyances religieuses qui considéraient cet arbre comme le siège des divers esprits, dont ceux des ancêtres. Tout acte de violation de ces arbres devait être sévèrement puni. La perte progressive de cette croyance s'est vue accompagnée par la disparition de cette essence". (BROEKHUYSE, 1985 P.7).

Ce que l'on peut dire en accord avec TERRIBLE, M.P.B. (1981 P.37) est que le milieu dicte des solutions à l'intelligence et à l'adresse de l'homme. Ce que l'on sait, aussi, en matière de variétés traditionnelles, adaptées aux situations de sécheresse, d'associations de cultures, permettent d'affirmer qu'elles sont l'expression d'une connaissance profonde du milieu. Ces techniques, comme bien d'autres valeurs, se perdent rapidement, car le monde rural n'est pas convaincu de leur valeur. Comme le souligne TERRIBLE (1981, Op. cit.) "les ruraux sont persuadés que ce qu'ils font est peu intelligent et sans valeur; ils l'entendent dire". Cela montre la situation dans laquelle se trouvent bon nombre de paysans. Ils sont à cheval ou à un stade transitoire (ELLIS, F., 1993) entre leur propre expérience et les expériences reçues.

Dans ces conditions quelle est leur influence dans le monde rural, leur poids dans la vie de la nation? Pourtant, compte tenu de leur nombre (85% de la population burkinabè), et s'ils avaient la capacité et les moyens d'agir, leur influence de la vie de la nation serait considérable. Ce problème est sans doute lié à leur niveau d'éducation et de formation.

Malgré tout, ce sont eux qui fournissent la majeure partie des ressources financières à la nation. Car l'agriculture constitue le secteur qui fournit la majeure partie des ressources du pays. La politique économique¹⁸ a longtemps consisté à fixer les prix des produits agricoles, à vulgariser des cultures d'exportation au détriment des cultures vivrières. Les prix payés étaient relativement bas et comportaient en réalité des prélèvements du produit du travail paysan au profit des intermédiaires et des populations urbaines. Dans ces conditions, les agriculteurs se trouvent dépourvus du surplus de leurs produits. Une situation qui les place dans l'incapacité d'améliorer leur production et leur technique. Cela met en évidence les caractéristiques du marché auquel participent les exploitations.

b)/ Les caractéristiques des marchés.

Les paysans sont ainsi poussés dans un système de marché qui se caractérise par sa saisonnalité et son imperfection.

L'imperfection du marché (ELLIS, F., 1993) est définie par rapport aux hypothèses de la concurrence parfaite. La concurrence parfaite met l'accent sur la neutralité du système des prix et son rôle d'arbitre dans toutes les décisions économiques. La multiplicité des vendeurs et des acheteurs sur le marché pour tous les produits dont aucun d'eux, pris individuellement, n'a aucune influence par son action, sur le niveau des prix. Il y a une parfaite information sur les prix et une liberté d'entrée et de sortie d'une branche d'activité quelconque.

La concurrence fait que les producteurs inefficaces (ayant des coûts de production supérieurs au coût d'équilibre) sont obligés de quitter le secteur ou la branche.

¹⁸ La libéralisation des prix (céréales) au BURKINA date des années '90 avec la politique d'ajustement.

Un marché saisonnier (DE JANVRY, A. et SADOULET, E., 1995), est un marché qui fonctionne de façon sporadique et intermittente dans le temps et dans l'espace, liée à la saisonnalité du produit, aux voies de communication et à l'information (coûts de transactions). Par exemple, les marchés à bétail ne fonctionnent qu'une fois tous les trois jours ou une fois par semaine (Annexe 2: A2.8). Les marchés quotidiens se situent seulement dans les grandes villes (Ouagadougou et Bobo-Dioulasso).

Les exploitations agricoles évoluent donc dans une économie (de marché) dont les conditions de la concurrence pure et parfaite ne sont pas réunies. La société paysanne peut être caractérisée, à des degrés divers, par l'inexistence de marché où prédomine la réciprocité, transactions entre exploitations. Le sens de la réciprocité est que de telles transactions ne sont pas évaluées aux prix du marché. La réciprocité peut évoquer les normes sociales de partage et de redistribution qui ont été conçues pour assurer à tous les membres de la communauté la survie, sans tenir compte de la performance productive. Il n'est pas nécessaire d'évoquer entièrement la logique économique des paysans afin de percevoir le rôle de la réciprocité dans la modification des principes du marché. On peut seulement dire que des règles telles que les droits traditionnels de distribution des terres ont été conçues pour garantir à tous les membres de la communauté un droit d'usage.

Ce système ne crée aucune concurrence entre les exploitations et maintient dans le système les exploitations inefficaces. C'est l'exemple d'institution sociale qui contredit les principes de la concurrence pure et parfaite. Cela devient perceptible quand le système de marché est imparfait et/ou saisonnier. Dans ce cas les normes sociales deviennent les règles, les institutions efficaces qui remplacent le marché.

Bien que des efforts aient été faits pour introduire les techniques (modernes) de production, surtout l'utilisation de la culture attelée, la grande majorité des exploitations se caractérisent par l'utilisation de la main-d'oeuvre familiale dans la production.

Aussi, les exploitations participent à des marchés imparfaits et/ou saisonniers. De ce fait, les notions de concurrence, synonyme de rentabilité du travail et du capital, ne sont pas toujours intégrées dans les stratégies de production des exploitations. Elles ont leur système de production et de gestion qui leur sont propre.

III.1.2. La gestion de l'exploitation

Nous avons analysé les caractéristiques de l'exploitation par rapport aux aspects techniques, économiques (système de marché). Nous voulons maintenant voir les aspects de gestion de la production au sein même de l'exploitation. L'exploitation comme une unité de production comprend: un chef d'exploitation, sa ou ses femmes et ses enfants non mariés. Ce type d'unité de production est le plus courant de nos jours (KONATÉ, G., 1988). Cette unité de production est à la fois une famille et une entreprise en ce qui concerne l'organisation et les techniques de la production. Nous voulons voir dans cette section les aspects de l'organisation et des connaissances techniques de la production.

a)/ L'organisation de la production.

L'exploitation "hypothétique" se trouve dans la zone sahélo-soudanienne avec une pluviométrie annuelle comprise entre 600 et 800 mm. Dans cette zone, les productions végétales possibles sont: le sorgho (blanc et rouge), le mil, l'arachide et le niébé. Les productions animales possibles sont: les ovins, les caprins, les bovins, la volaille. L'organisation de la production est placée sous la responsabilité du chef d'exploitation. Il organise le travail, décide des champs à cultiver, les méthodes à appliquer. Il gère aussi le cheptel de l'exploitation.

De ce point de vue l'exploitation fonctionne comme une petite entreprise; avec un chef d'entreprise (chef d'exploitation) et des travailleurs (membres de l'exploitation). Nous supposons qu'elle comprend 10 personnes, 2 hommes, 3 femmes et 5 enfants (définition de "l'Exploitation Centrale").

L'organisation est faite de telle façon que tous les membres travaillent d'abord sur les champs collectifs dont les produits seront placés sous la responsabilité du chef d'exploitation. Chaque membre peut avoir son propre champ (champ individuel) dont il gère la production. Les champs collectifs bénéficient d'une priorité absolue sur les champs individuels. Ainsi, les femmes et jeunes gens doivent attendre jusqu'à ce que les opérations importantes (semences notamment) sur les champs collectifs soient terminées pour pouvoir consacrer les temps libres à leurs champs personnels.

La réalisation des différentes opérations culturales dépend de la composition et de l'organisation pratique des membres de l'unité de production. Au plateau Mossi, les hommes comme les femmes participent quasiment aux mêmes travaux (KONATÉ, G., 1988). Les enfants de moins de 10 ans ont pour tâches la garde du bétail et la surveillance des champs. Le reste des opérations est assuré par tous les membres de la famille (hommes, femmes, enfants de plus de 10 ans) sur ordre du chef d'exploitation qui veille au respect du calendrier agricole. C'est le chef d'exploitation qui décide du genre de produit à cultiver, de la répartition du temps des actifs de la famille suivant l'importance de l'opération culturale entre les champs collectifs et les champs personnels. Le choix des champs (types de sol) à cultiver dépend de l'appréciation quantitative de la pluviométrie. Il est le résultat d'une connaissance profonde du milieu. Cette connaissance est généralement détenue par le chef d'exploitation, la personne la plus âgée.

b)/ Les connaissances techniques.

Les connaissances techniques de la production sont des connaissances du milieu, mais aussi des connaissances sur les variétés de culture. Il n'y a plus de doute que la variabilité dans le temps et dans l'espace de la pluviométrie ainsi que les types de sols jouent sur les productions végétales et animales des populations rurales.

En effet, les types de sols dépendent entre autres de leur position. Selon cette position, l'intensité d'infiltration et la capacité de retentions de l'eau de pluie est différente. Les parties basses sont plus argileuses avec une capacité d'infiltration faible, mais une capacité de retentions élevée.

Sur ces sols, le sorgho et le riz sont surtout cultivés. Si les pluies sont abondantes, des flaques d'eau subsistent et peuvent constituer une menace pour la récolte du sorgho. Les sols situés plus haut sont en général plus sableux. La capacité d'infiltration est suffisamment grande et la culture du mil est plus apte.

A côté de la culture, l'exploitation pratique l'élevage soit de bovins, soit de petits ruminants (moutons, chèvres), soit d'asins (ânes), soit de volailles (poules, pintades). On peut trouver dans certaines exploitations des porcins, des équins (chevaux), des camelins (chameaux, dromadaires). Ces différentes espèces existent presque partout au Burkina Faso, sauf les camelins qu'on trouve seulement dans les provinces de l'Oudalan, du Seno et du Soum. On trouve rarement d'équins dans la Bougouriba, le Nahouri et le Poni (MAE,1990: ENEC,1989). Dans la zone d'exploration (Passoré, Sourou, Yatenga, Cf. Annexe 1), on trouve toutes les espèces sauf les camelins. Nous supposons que l'exploitation possède des ovins, des caprins, des bovins et/ou des ânes et de la volaille.

La pratique d'élevage fait intervenir des ressources en main d'oeuvre ainsi qu'un savoir technique: connaissance de l'animal et de ses besoins, appréciation quantitative et qualitative de la distribution des ressources du milieu dans l'espace et le temps, évaluation des risques (risque de mortalité causé par la consommation de mauvaises herbes). Ces connaissances ne sont généralement pas détenues par les cultivateurs¹⁹.

¹⁹ L'élevage est une activité secondaire pour les cultivateurs. Ils maîtrisent moins les techniques de production. Par contre, les éleveurs (Peulhs) ont pour activité principale l'élevage, ils maîtrisent mieux les techniques de production.

Cela se justifie par les taux de mortalité élevés, surtout entre zéro et un an. De l'ordre de 17,8% en moyenne pour les petits ruminants et de 8,2% pour les bovins. Dans la classe d'âge 1 - 2 ans, le taux moyen est de 7% pour les petits ruminants et de 4,5% pour les bovins (Annexe 2: A2.2).

Le système d'élevage est du type extensif. Les animaux divagent pendant la période sèche (de Décembre à Mai). Pendant la période humide (de Juin à Novembre) les animaux sont conduits au pâturage par les enfants de sept à quatorze ans (Delgado, 1978; Gnoumou, 1992). La nuit les animaux sont enfermés dans des cases de nuit afin de les protéger des voleurs et des intempéries. Les bovins gardés à l'exploitation sont généralement des boeufs de traits (pour la traction) et les ânes sont utilisés pour le transport ou pour la traction. L'utilisation des animaux pour produire du fumier n'a pas toujours été une préoccupation des exploitations.

Les animaux avaient entre autres une fonction culturelle (sacrifices). Ils étaient immolés à l'occasion des réjouissances de caractères religieux (mariage, circoncision, baptême) (DJIGA, A., 1969). Cette fonction a sans doute déterminé les stratégies de production animale.

III.2. PRODUCTION ANIMALE ET GESTION DES PÂTURAGES.

L'animal au sein de l'exploitation joue un rôle économique très important. La nature de ce rôle détermine les facteurs de production utilisés.

III.2.1. L'élevage: les fonctions économiques.

L'élevage (la production animale) au Burkina Faso représente le deuxième secteur après celle de la production végétale. Après la dévaluation de franc CFA en Janvier 1994, les exportations de bétail se sont accrues (MARA/DSPA,1994) et les stratégies de développement de ce secteur se sont multipliées. On peut noter que c'est le secteur dans lequel toutes les catégories socio-professionnelles investissent.

Les observations de DJIGA, A.(1969) et de MEYER, J.F.(1989) illustrent bien ce fait. DJIGA, A. a découvert, dans la région de Fada N'gourma, un troupeau de 37 bovins placés sous la garde d'un berger Peulh. Les animaux appartenaient à quatre (4) propriétaires (boucher, ancien combattant, chauffeur, commerçant). Quant à MEYER, J.F., il indique 3,1 comme nombre moyen de propriétaires par troupeau. C'est un secteur qui, par rapport à la production végétale comporte moins de risque et nécessite peu d'investissements et d'effort humain. C'est pourquoi le bétail est considéré par rapport au système d'élevage pratiqué comme un capital ou une caisse d'épargne. Nous étudierons au niveau de l'exploitation, le rôle de l'animal en distinguant les objectifs des stratégies de production.

a)/ Les objectifs de production.

En suivant NIGNAN, M.(1995), on peut énumérer les objectifs suivants en fonction de l'espèce animale:

- le fumier est recherché à travers l'élevage de toutes les espèces animales;
- les ventes intéressent les petits ruminants, la volaille, les sous- produits des bovins (lait) et

quelques rares fois les gros ruminants; les revenus de ces ventes sont surtout destinés à l'achat des vivres et en particulier des céréales;

- la culture attelée et le transport sont attendus de l'élevage des équidés;
- la possession de bovins et de chevaux traduit un état de bien-être social et confère du prestige;
- les petits ruminants sont sacrifiés lors des cérémonies coutumières (baptêmes, mariages).

Le choix de la race de l'espèce est fonction de l'objectif que vise l'éleveur. Par exemple, les Peulhs aiment élever les zébus, et s'orientent surtout vers l'élevage de femelles à cause du lait. La production en lait de la vache zébu est plus importante que la vache taurine (DJIGA, A., 1969). La chèvre (race du sahel), animal de grande taille (0,70-0,85m), vivant au Nord est la principale femelle laitière après la vache. Les cultivateurs élèvent des mâles (bovins), utilisés pour le labour. Ils aiment la race taurine; car les taurins sont plus adaptés aux régions humides et sont plus résistants à la trypanosomiase (DE BOER et al., 1994. P.29). L'âne s'utilise de façon limitée dans la culture attelée, mais il est de plus en plus utilisé pour le transport. Le chameau dromadaire représente un excellent moyen de transport. Son aire se limite au Nord du pays. Les races caprines utilisées pour la viande comprennent outre la chèvre du sahel, la chèvre naine de guinée au sud, la chèvre "vulgaire" très répandue en Afrique Tropicale. Quant aux ovins, on peut citer les races de moutons à poils maure (ou peulh ou Touareg), atteignant 110-120 kg, le mouton à poils guinéen ou djallonké. Dans les régions musulmanes, le bélier est recherché lors des fêtes.

L'exploitation d'un animal (consommation ou vente) relève en principe de son propriétaire. Mais les décisions relèvent aussi des besoins de la cellule familiale, de l'exploitation. C'est lorsque les besoins vitaux (et d'abord vivriers) auront été satisfaits qu'un individu pourra vendre son propre bétail à des fins de consommation personnelle, ou au contraire consacrer un certain pécule à l'achat d'animaux destinés à agrandir son cheptel (MILLEVILLE et al., 1982). L'objectif de la production animale dépasse le simple cadre individuel et englobe le bien-être de toute l'exploitation. Cette situation détermine sans doute les stratégies de production.

b)/ Les stratégies de production.

Le tableau A2.4 (en Annexe 2) montre que la plupart des animaux naissent dans le troupeau. Le nombre d'animaux nés dans le troupeau varie entre 90 et 95%. L'achat n'est pas fréquent. On constate que les exploitations achètent les femelles plus que les mâles. Les cas de dons et de confiage sont très rares pour les petits ruminants mais n'est pas négligeables pour les bovins (MAE/PSA,1990; MEYER, 1989).

L'accumulation des biens passe en effet presque exclusivement par le bétail, mais la possession d'un plus grand cheptel n'aura que peu d'influence sur le niveau et le mode de vie: au delà d'un certain minimum, la possession d'un nombre d'animaux plus important ne semble pas se traduire par une diversification ni par un accroissement très sensible de la consommation (MILLEVILLE et al., 1982). Il représente en quelque sorte un compte en banque, une sorte d'inscription à un livret de caisse d'épargne, une assurance contre les incertitudes de la vie (DJIGA, A., 1969; ROJAT,D., 1991).

La détention d'un grand troupeau signifie la possession d'un capital, car le propriétaire du bétail comme celui du capital reçoit des revenus sans travailler, voit ses revenus se capitaliser. Cette conception de l'animal, comme un capital, plus qu'un facteur de production s'explique bien quand on analyse les paramètres zootechniques et le comportement des éleveurs face au marché. Selon EICHER et BAKER, 1984, de nombreux anthropologues, dans les années 60 et 70, ont mentionné que les éleveurs étaient insensibles aux occasions de vente du bétail quand les prix étaient favorables et que la réaction négative de l'offre des éleveurs face aux prix semblait impliquer un comportement ne visant pas à maximiser le profit. Le trait dominant de leur stratégie est de tendre vers la maximisation du nombre d'animaux pour faire face aux besoins alimentaires, d'échange, de reconstitution du troupeau en cas de sinistre et d'héritage. Cela se traduit par un nombre important de femelles et de mâles âgés (Annexe 2: A2.2).

L'une des caractéristiques de la structure du troupeau est le nombre élevé de jeunes de la classe d'âge 0-1 an. A partir de 1 an cette proportion diminue fortement. La caractéristique essentielle est qu'il n'y a plus de mâles à partir de sept ans pour les petits ruminants et dix ans pour les bovins. Cela s'explique très bien par le taux d'exploitation. Le taux d'exploitation prend en compte les ventes et l'autoconsommation. Pour l'ensemble du troupeau, la probabilité pour un mâle d'être exploité est de 6,8%, tandis qu'elle n'est que de 1,1% pour les femelles. L'exploitation des mâles est forte à partir de 1 an. A partir de cet âge (1 an) le déséquilibre s'observe dans toutes les classes d'âge selon la composition du troupeau (tableau A2.9 et A2.10 en Annexe 2).

Les objectifs de production (choix de la race de l'espèce en fonction des besoins) et les stratégies (maximisation du nombre d'animaux pour s'assurer contre les risques) déterminent les facteurs de production utilisés.

III.2.2. Les facteurs de production animale

Nous avons vu que l'animal a surtout une fonction d'assurance contre les risques. L'objectif de la production n'est pas directement tourné vers les ventes. Ces différents objectifs et stratégies expliquent aussi les ressources utilisées pour l'alimentation des animaux.

a)/ Les pâturages et leur gestion.

Dans chaque village, il existe une zone de pâture située soit à proximité des bas-fonds soit sur les terres incultes aux abords des collines (GNOUMOU, B.,1992). Ces zones sont les pâturages, lieux où les animaux peuvent brouter des herbes, pendant la saison des pluies. A la fin des récoltes, les terres cultivées et les jachères s'ajoutent aux zones initialement réservées au bétail (zones de pâture) et deviennent toutes des pâturages.

Ces pâturages sont des propriétés communes de toute la collectivité. On peut y nourrir autant d'animaux qu'on possède sans contraintes majeures. La seule contrainte demeure la productivité du pâturage et sa qualité. Car la production fourragère annuelle est liée à la pluviométrie et à la nature du sol (Annexe 2: A2.3). Le fourrage naturel est fourni par les herbacées (herbes) et les ligneux (arbres, arbustes).

Le fourrage des ligneux compense le manque de fourrage des herbacées en saison sèche. Sa disponibilité est fonction de son accessibilité. Les bovins peuvent brouter jusqu'à une hauteur de 1,5 m (BREMEN et DE RIDDER, 1990). Mais les bergers peuvent augmenter l'accessibilité en coupant les branches des arbres.

L'exploitation dispose des pâturages du village d'origine et ceux des autres villages environnants (MARCHAL, 1983) pour nourrir son cheptel. Cela est possible de la fin des récoltes (Décembre) jusqu'au début de la saison de culture prochaine (Mai).

Durant la saison de culture (Juin à Novembre), le domaine des pâturages se réduit aux terres incultes et aux jachères. Pendant cette période l'herbe et l'eau sont abondantes. Il faut seulement éviter que les animaux ne détruisent les récoltes de l'exploitation voisine (DELGADO, 1980; MILLEVILLE et al., 1982). De Décembre à Mai, période sèche, les pâturages deviennent étendus mais l'herbe et l'eau manquent. C'est ce que MARCHAL (1983) décrit en citant BENOIT (1980) comme "Rester sur place c'est accepter (...) une baisse de la production (lait, viande) et de la fécondité, puis la mortalité augmente tandis que la régénération des ressources devient de plus en plus difficile, voire impossible (...). Ce sont les éleveurs les moins sédentaires qui réussissent le mieux (BENOIT, 1980 cité par MARCHAL, 1983).

On est donc dans une situation de libre accès au pâturage. Dans une telle situation, l'accroissement du troupeau est en quelque sorte l'augmentation de la rente du capital (troupeau).

Chaque propriétaire cherche à maximiser sa rente. Il considère la production d'herbes des pâturages comme une donnée, indépendante du nombre d'animaux. Il ne prend pas en compte la diminution ou l'augmentation des rendements des animaux survenue à la suite de la modification des pâturages entraînée par l'introduction ou la sortie d'un animal. La rente est dans ce cas dissipée par le jeu des effets externes²⁰.

L'effet externe (d'encombrement) ne devient sensible qu'à partir d'un certain seuil, représenté par le niveau de densité au delà duquel les animaux ne peuvent plus extérioriser pleinement leur potentiel génétique faute d'alimentation suffisante. La condition d'équilibre entre les populations animales et végétales, permettant un niveau de production primaire et secondaire stable sur le long terme, est que les animaux au pâturage ne prélèvent au cours d'un temps donné que la quantité d'herbe résultant de la croissance de la biomasse²¹ existante sans modifier le niveau de celle-ci.

²⁰ Un effet externe ou externalité est un effet indirect d'une activité économique sur une fonction de production ou de consommation. L'externalité est créée par un autre agent que celui qui en est affecté et qu'elle n'agit pas par l'intermédiaire des prix.

²¹ BREMAN, H. et al. (1991) définissent la biomasse comme la partie aérienne de la végétation. Elle est quantifiée en kg/ha de matière sèche.

C'est toute la problématique dans les zones sahéliennes. Aujourd'hui, la politique est tournée vers l'aménagement de zones pastorales (SANON, Y. et al.1994).

Dans les années '60 et '70, la vaccination des animaux contre les maladies parasitaires étaient les actions majeures dans le secteur d'élevage. Elle a permis un accroissement du cheptel et augmenté les capacités de charge des pâturages²². Une solution n'est donc pas trouvée entre l'adéquation des ressources (fourrages, eau) et cheptel. L'une des solutions se trouve dans la production et la promotion des sous-produits alimentaires si on veut conserver les ressources naturelles.

b)/ Les sous-produits.

Les sous-produits sont de deux sortes: les sous-produits agro-industriels (issus de la production des industries agro-alimentaires) et les sous-produits agricoles (issus de la production végétale). Les sous-produits agro-industriels, mélasse, produit par la Société Sucrière de la Comoé (SOSUCO), les grains de coton produits par la Société des Fibres Textiles (SOFITEX), les tourteaux d'arachide ou de coton produits par les huileries (SOFIB), sont considérés comme des aliments concentrés permettant l'amélioration de la productivité du bétail. Ils sont essentiels dans un système intensif (embouche) ou semi-intensif (embouche paysanne). L'embouche paysanne est réalisée à partir de pailles, de son et de fanes associés, suivant les disponibilités, à des sous-produits agro-industriels. Le système d'embouche a pour objectif de satisfaire le marché. Les animaux (généralement ovins et porcins) sont achetés à l'âge de 2 à 3 ans et alimentés intensément avec les sous-produits agro-industriels pendant 2 à 3 mois pour être ensuite vendus sur les marchés. Ce système est généralement réalisé par les femmes à l'approche des grandes fêtes (Tabaski, Ramadan, Nouvel an). Au Yatenga, ce système est conduit sous le couvert des projets "Petits Ruminants et Aviculture".

²² La capacité de charge d'un pâturage est le nombre de bétail (UBT) que ce pâturage peut nourrir sans se dégrader (BREMAN, H. et al., 1991).

Le système intensif ou semi-intensif suppose une stabulation permanente des animaux avec les sous-produits agro-industriels comme ration alimentaire et une disponibilité d'eau. Son adoption par les paysans pose des problèmes compte tenu des coûts de réalisations des infrastructures (étable, forage, puits etc.), de l'approvisionnement (production des usines et distribution) des sous-produits agro-industriels et de son accessibilité (disponibilité au niveau local et pouvoir d'acquisition des paysans).

Pour toutes ces raisons, nous considérons que l'exploitation nourrit ses animaux avec les sous-produits de culture, que nous appellerons très souvent résidus de culture (Annexe 2: A.2.4). Les résidus de culture considérés sont: la paille (tiges et feuilles) de sorgho, de mil, les fanes (feuilles et rameaux) d'arachide et de niébé (ou haricot).

Ces sous-produits issus de l'activité de culture de l'exploitation servent à plusieurs usages: chauffages, construction et alimentation des animaux. La proportion allant au chauffage et à la construction sera incluse dans les pertes. Ainsi donc, les pertes de résidus se réfèrent aux pertes issues des récoltes et du stockage, aux quantités utilisées pour le chauffage et les constructions. La quantité restante sera utilisée pour l'alimentation des animaux pendant la période sèche de Décembre à Mai. Il n'y a pas de marché de résidus où l'exploitation peut s'approvisionner pour combler un éventuel déficit. De ce fait, nous supposons que l'exploitation procède au stockage dès la fin des récoltes et minimise les pertes. Cet aspect définit le premier lien entre la production végétale et animale. Le deuxième lien sera mis en évidence par les produits animaux.

III.2.3. Les produits animaux

Jusqu'à présent nous avons considéré l'animal comme un facteur de production, un capital. L'animal produit de la richesse du prestige. Cette richesse se mesure par l'accroissement du nombre des animaux (du troupeau). Le troupeau transforme les ressources naturelles (végétales) pour se reproduire et produire de la viande, de la peau (cuir), du lait permettant de satisfaire les besoins monétaires (cf.III. 3.2) et alimentaires de l'exploitation (consommation).

En tant que facteur de production, le boeuf, l'âne fournissent une force à la production végétale. Cet aspect concerne la traction animale que nous n'aborderons pas.

Un produit qui nous concerne particulièrement est la fumure animale. L'utilisation de la fumure animale pour fertiliser les terres constitue le deuxième lien entre la culture et l'élevage. Elle est nécessaire dans les villages où la disponibilité des terres semble réduite. NIGNAN, M.(1995) note que la fumure n'est ni vendue ni donnée dans la zone Nord-Ouest du BURKINA FASO. Cela peut traduire sa faible disponibilité au niveau des exploitations.

Il est prouvé (DELGADO, 1979) que la judicieuse utilisation de la fumure animale permet aux agro-pasteurs de dépasser, sur de petites portions de leurs champs, les rendements de culture des paysans; malgré le fait qu'ils consacrent beaucoup moins de temps aux travaux de culture (sarclage notamment), compte tenu de la forte demande en main-d'oeuvre qu'exigent les activités d'élevage. Ce qui montre qu'une gestion rigoureuse de la fumure permet d'accroître les rendements de culture. La quantité de fumure récupérée (production moins perte) dépend du système d'élevage. La récupération est maximale (la production moins les pertes tend vers zéro) dans un système intensif et de stabulation permanente des animaux. Ce système est pour le moment inconcevable dans la stratégie paysanne de la région compte tenu des coûts (investissements), et peut-être surtout de l'accessibilité et de la disponibilité permanente des produits agro-industriels.

Dans le système extensif, que nous considérons, les études montrent (Annexe 2: A2.7) que la production de fumure d'une Unité Bétail Tropical (U.B.T.)²³ peut atteindre une tonne par an. Les quantités récupérées varient entre 500 et 300 kg/an/UBT. Elles correspondent à la production nocturne des animaux lorsqu'ils sont enfermés dans les enclos. La production dans la journée est éparpillée dans les pâturages et n'est pas récupérée.

²³ L'Unité Bétail Tropicale (U.B.T.) est une unité conçue pour comparer les caractéristiques (poids, ration alimentaire) des différents animaux. Une U.B.T. est un animal (bovin) de 250 kg, équivalent à 10 ovins ou 10 caprins de 25 kg environ.

La quantité de fumier dépend aussi du nombre d'animaux dont dispose l'exploitation. Ce nombre est aussi fonction de la disponibilité de pâturages naturels de bonne qualité, de la quantité de résidus de culture, de la mortalité des animaux et des exploitations diverses (vente, consommation). Les facteurs limitant le nombre des animaux sont nombreux si on considère les conditions actuelles de production. On ne peut donc pas s'attendre à un nombre très élevé d'animaux (dans les résultats du calcul du modèle).

Le système que nous considérons est celui où les animaux sont nourris aux pâturages (fourrages des herbes et arbustes) de Juin à Novembre. Pendant la période sèche, de Décembre à Mai les animaux sont nourris avec les résidus de culture. Nous considérons ce système compte tenu du régime de gestion des pâturages (accès libre). Il n'y a pas de contrainte à l'accès (taxes par exemple) qui oblige l'exploitation à envisager un autre système.

L'animal au sein de l'exploitation est une assurance contre les risques de mauvaises récoltes. Il est vendu pendant les périodes difficiles (la "soudure") pour acheter des céréales. C'est ce lien entre la production animale et végétale que nous essayerons d'analyser dans cette troisième partie.

III.3. LES RELATIONS ENTRE LA CULTURE ET L'ÉLEVAGE.

Les relations entre la production végétale et animale sont de deux sortes. Les relations de complémentarités (résidus de culture, fumure) que nous avons déjà abordées plus haut et les relations de concurrence, qui se manifestent surtout au niveau de la répartition de la main-d'oeuvre entre ces deux activités. Nous aborderons d'abord les relations de concurrence avant les relations de complémentarité.

III.3.1. Les relations de concurrence: la main-d'oeuvre.

Nous focalisons notre attention sur la main-d'oeuvre. Mais nous évoquerons un autre aspect de cette concurrence qui a été déjà implicitement abordé. C'est l'utilisation de l'espace rural. La culture et l'élevage sont deux activités qui utilisent le même patrimoine: le terroir villageois.

La densité animale et humaine déterminent les superficies consacrées aux cultures et à l'élevage. Ce type de concurrence, abordé au chapitre deux, aboutit le plus souvent à des conflits entre les cultivateurs et les éleveurs (pasteurs).

Au sein des exploitations agricoles, engagées à la fois dans la culture et l'élevage, un autre type de concurrence se manifeste dans l'utilisation de la main-d'oeuvre. Pour comprendre ce phénomène, il faut se rappeler la saison de culture et le système d'élevage. La saison de culture commence en Mai et s'achève en Novembre. Elle débute par la préparation des champs en Mai, les semis commencent avec les premières grandes pluies. Il peut avoir des resemis dépendant de la fréquence et de l'importance des premières pluies. Lorsque la saison s'installe, avec la pousse des plantes, les activités de sarclages et d'élimination des mauvaises herbes commencent. Toutes ces activités doivent être exécutées à des périodes bien précises, mobilisant ainsi la main-d'oeuvre. Pendant cette même période l'espace réservé au bétail s'est rétréci. Le risque que les animaux pénètrent dans les champs cultivés et détruisent les cultures est grand. Il faut consacrer une partie importante de la main-d'oeuvre à la surveillance des animaux.

Il y a donc un problème d'allocation de main-d'oeuvre entre production végétale et production animale au sein de l'exploitation. Les cultivateurs ont, auparavant, résolu ce problème en confiant les bovins aux pasteurs Peulhs et consacrent toute la main-d'oeuvre adulte disponible à la production végétale. Mais comme nous l'avons déjà vu (Chapitre deux) cette possibilité se réduit ainsi que les contrats de parcage.

Dans une situation d'accès difficile aux engrais chimiques (disponibilité et pouvoir d'achat), l'exploitation est obligée si elle veut conserver la fertilité de ses terres, de produire elle-même le fumier et par conséquent d'avoir des animaux.

Le système susceptible d'être pratiqué est lié au régime de la gestion foncière. Dans le système actuel de gestion de terres et des pâturages, nous pensons que l'exploitation possède une grande logique, qui fait qu'elle refuse tout système d'investissement important dans l'amélioration de la terre et de stabulation des animaux.

Par exemple, un système de clôture des parcelles et de parcage rotatif des animaux sur les parcelles en jachère pendant la période des cultures réduit les besoins en main-d'oeuvre de surveillance. Ce système améliore la fertilité des terres et réduit les besoins de transport de fumier. Il est appliqué par les agro-pasteurs et accepté par la communauté villageoise, parce qu'ils sont considérés comme des migrants susceptibles d'abandonner ces terres pour aller chercher d'autres terres lorsque les conditions d'alimentation de leurs animaux deviendront difficiles.

Compte tenu de ces difficultés, nous supposons que le système extensif est le mode d'élevage utilisé par l'exploitation. Les activités qu'on peut distinguer dans ce système sont: l'alimentation, l'abreuvement et les soins.

En saison de pluie, la main-d'oeuvre consacrée à l'alimentation et à l'abreuvement se résume à la main-d'oeuvre pour conduire les animaux au pâturage et les surveiller (main-d'oeuvre de garde). Pendant cette période, l'herbe et l'eau sont disponibles et les animaux broutent et s'abreuvent d'eux-mêmes. Pendant la période sèche, où l'eau et l'herbe manquent, il faut puiser l'eau pour les animaux et leur fournir les résidus de culture.

L'analyse de la main-d'oeuvre consacrée à l'élevage (Annexe 2: A 2.6) montre qu'elle atteint son maximum après les premiers mois qui suivent les premières grandes pluies de la saison agricole. Les besoins en main-d'oeuvre sont minimes après la récolte, lorsque les animaux se nourrissent des chaumes et des résidus de culture laissés sur les champs. Les besoins augmentent de nouveau lorsque l'eau et les pâturages du village se font rares à la fin de la saison sèche. La quantité de main-d'oeuvre est aussi fonction de l'importance du troupeau. DELGADO (1979, P. 51 à 58), montre que le temps journalier consacré à chaque animal diminue lorsque le nombre d'animaux dans le troupeau augmente. Lorsque le nombre d'animaux dans le troupeau est faible, le nombre d'heures par animal est élevé, il diminue au fur et à mesure que le nombre d'animaux augmente et se stabilise à un niveau donné. Dans le cas indiqué par DELGADO, le niveau où le nombre d'heures par animal n'augmente plus est de 43 bovins et 16 petits ruminants.

L'analyse de la concurrence en main-d'oeuvre entre activité d'élevage et activité de culture est intéressante pendant la période de culture (de Juin à Novembre). Compte tenu du fait que pendant cette période les activités d'élevage se résument à la surveillance. C'est cette quantité de main-d'oeuvre que nous considérons. Elle est fournie en grande partie par les enfants en raison de 6 heures par jour. Les hommes y participent en raison de deux heures par jour lorsque le danger de destruction des récoltes est grand. Les femmes sont supposées ne pas participer aux activités d'élevage.

On peut donc avancer que les activités de culture et d'élevage sont concurrentes au niveau de l'utilisation de l'espace et de l'affectation de la main-d'oeuvre, mais elles deviennent complémentaires sur le plan alimentaire.

III.3.2. Les relations de complémentarité: la consommation.

Les relations complémentaires entre culture et élevage sont nombreuses. Nous avons déjà abordé le lien avec les résidus de culture, le lien avec la fumure. Le lien avec l'emploi a été brossé dans le chapitre deux. Nous avons souligné que nous n'aborderons pas le lien avec la traction. Nous voulons nous concentrer dans cette section sur le lien alimentaire, y compris les stratégies d'achat et de vente (céréales, bétail).

La caractéristique des exploitations paysannes la plus reconnue chez les économistes est, peut-être, la subsistance. La subsistance se réfère à la proportion du produit de l'exploitation qui est directement consommée par les membres de l'exploitation plutôt que vendue sur le marché. Le rapport entre produit consommé et produit total mesure le degré de leur intégration dans l'économie de marché. On peut remarquer sans une mesure quelconque que l'exploitation dispose des produits de culture: céréales, légumineuses, des produits des jardins (gombo, oseille, obergine, tomate, etc...) et des feuilles et fruits des arbres tels que le karité, le tamarinier, le néré, le baobab, etc... En plus de ces produits végétaux, l'exploitation dispose des produits animaux tels que la viande, les oeufs et le lait.

L'exploitation dispose de tous les produits fournissant à ses membres les éléments nutritifs et les vitamines nécessaires à la vie. Cette autonomie explique leur intégration partielle dans le marché. Mais, compte tenu de l'insuffisance probable de la production et de besoins exigeant la possession de la monnaie, l'exploitation est obligée de vendre ses produits.

Les ventes et les achats s'effectuent à des périodes bien précises reflétant la disponibilité ou l'épuisement des ressources monétaires ou vivrières des exploitations. En général, les exploitations vendent une partie de leur production juste après les récoltes (Décembre, Janvier, Février) pour satisfaire des besoins urgents d'argent (fêtes, voyages, dettes). La quantité vendue est fonction de l'importance du besoin. Cette quantité peut être très élevée, compte tenu du fait qu'à cette période, les prix des céréales sont très bas. Elle vient en diminution de la production totale et expose l'exploitation à une pénurie probable en vivres au début et au cours de la saison agricole prochaine (Juin, Juillet, Août). La stratégie de l'exploitation est de faire recours, en ce moment, à l'épargne constituée en terme de bétail pour diminuer son déficit.

Les études (ZOUNDI, 1994 citant MATLOCK, 1978 et PRUDENCIO, 1986; DE BOER et al., 1994) montrent que la raison principale des ventes de bétail est l'achat de céréales. Dans la pratique, les animaux sont achetés en année de bonne pluviométrie et vendus en fonction des besoins de liquidité (Zoundi, 1994).

Pour DELGADO (1979), les paysans achètent les animaux lorsque les prix sont bas à la fin de la saison sèche, au moment où le taux de mortalité est élevé (nous imaginons que c'est également en année de bonne récolte). GRYSEELS (1988; cité par Zoundi), rapporte des ventes allant jusqu'à 90% de l'effectif des ovins en année de crise alimentaire, et des taux de capitalisation, sous forme d'élevage de 25% pour les ovins et 31% pour les bovins.

Ce phénomène est également observé par DELGADO (1979) à Ouaguedo au Sud-Est du Burkina Faso. MAATMAN et SCHWEIGMAN (1995), citant BROEKHUYSE (1983) et THIOMBIANO et al. (1988), indiquent que les achats de bétail se font surtout dans la période post-récolte, tandis que les ventes se concentrent surtout dans la période de "soudure".

Ce qui suppose que les exploitations achètent le bétail après les récoltes avec les revenus issus de la vente des céréales et les revendent pendant la soudure pour combler les déficits. Les prix de vente du bétail, en ce moment, sont faibles et exposent l'exploitation à de grandes ventes. Le flux du bétail et les prix de vente et d'achat au niveau de l'exploitation sont encore mal connus. Une chute des prix du bétail peut provoquer une augmentation de l'offre (les ventes), parce que les éleveurs doivent vendre plus de bétail pour pouvoir acheter les céréales (dont les prix sont élevés en ce moment). Il est possible qu'une augmentation du prix baisse l'offre des animaux (DE BOER et al. 1994 P.44). Si nous partons de l'hypothèse que la stratégie des paysans est de maximiser le nombre d'animaux (cf.III.2), cette analyse est bien plausible.

Si les ventes s'effectuent pendant la période de soudure, le paysan étant dans une position de faiblesse "brade" ces animaux à n'importe quel prix. La soudure correspond aussi au début de la période de culture où toute la main-d'oeuvre est utilisée sur les champs. La possibilité d'aller vendre les animaux sur un marché à bétail ou sur un marché urbain, où les prix sont plus élevés, n'existe peut-être pas. Ainsi, si les paysans achètent et vendent sur les marchés villageois ils ne profitent pas des opportunités de prix élevés. Le paradoxe est que les prix d'achat sont souvent plus élevés que les prix de vente (Annexe 2: Tabeau A2.35). Ce qui montre que les paysans n'ont pas une stratégie d'achat et de vente qui leur est profitable.

CONCLUSION DU CHAPITRE III

On peut retenir que les exploitations sont soumises à des contraintes d'ordre climatique, économique et technique. Les conditions climatiques influencent les stratégies et l'organisation de la production agricole. Les contraintes économiques et techniques imposent l'utilisation de la force humaine et la main-d'oeuvre familiale dans la production.

Elles disposent, dans la majorité des cas, du bétail dont la fonction est culturelle et sécuritaire. Le bétail comme producteur de fumier n'^{pas} toujours été l'objectif majeur dans la production animale. C'est pourquoi, l'intégration de la culture et de l'élevage met l'accent sur la production du fumier. Les conditions d'un tel système semblent réunies dans la zone d'exploration. Parce que les exploitations vivant dans une économie de subsistance prennent à la fois les décisions de production et de consommation. Elles sont obligées de produire à la fois les biens de consommation et les facteurs de production telle que la fumure.

La meilleure façon de réussir est d'associer l'expérience et la volonté dans la gestion de la fumure (ramassage, stockage, arrosage) et des résidus de culture. Cette volonté de le faire, en utilisant d'abord les pâturages et les résidus de culture pour l'alimentation des animaux, marque le début de l'intégration. Son stade ultime serait la stabulation des animaux et l'utilisation des sous produits agro-industriels.

Nous nous basons sur le système d'élevage en vigueur, les objectifs de production et les contraintes économiques et techniques de l'exploitation pour proposer un modèle d'intégration culture-élevage présenté dans le chapitre suivant.

CHAPITRE QUATRE: LES MODÈLES DE CULTURE, D'ÉLEVAGE ET LES INTERACTIONS.

Le modèle (intégré) met l'accent sur les interactions entre le système de culture et le système d'élevage. Cette interaction s'appuie sur les aspects suivants:

- l'application sur les champs de la fumure organique produit par le système d'élevage;
- l'alimentation du cheptel par le fourrage produit par le système de culture (résidus de mil, de sorgho, fanes d'arachide, fanes de niébé) et des pâturages;
- la concurrence en main-d'oeuvre entre les activités de culture et les activités d'élevage.

Le modèle vise à répondre à la question suivante: Quel nombre d'animaux, compatible avec la disponibilité en main-d'oeuvre, faut-il garder à l'exploitation pour assurer une production suffisante de fumure animale en vue d'accroître la production céréalière?

Le modèle vise aussi l'objectif de proposer les conditions d'une plus grande interaction entre les systèmes d'élevage et de culture.

Le chapitre comporte trois parties. La première partie traite du système de culture élaboré sur la base du Modèle de Culture de Maatman, Schweigman et Ruijs (1996). La deuxième partie traite du système d'élevage et la troisième met l'accent sur les interactions entre les deux systèmes.

IV.1. LE MODÈLE DE CULTURE (MAATMAN, SCHWEIGMAN, RUIJS).

La présentation est brève et commence par la notion de "l'Exploitation Centrale". On spécifie, ensuite, quelques éléments de base de la stratégie des paysans. Enfin, on présente quelques formules de base.

IV.1.1. La notion de "l'exploitation centrale"

La notion de "l'Exploitation Centrale" a été définie à partir des données fournies par:

- les études villageoises effectuées par le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (MAE, 1988);
- l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (Recensement de 1975 et 1985);
- des études villageoises de plusieurs organismes et auteurs tels que: l'ICRISAT, FSU/SAFGRAD, DELGADO (1978), KOLHER (1971), MARCHAL (1983), IMBS (1986) etc...

De toutes ces données, Maatman et Schweigman arrivent à l'estimation de la composition des membres de "l'Exploitation Centrale". C'est une exploitation représentative pour le Plateau Central. Elle est composée de dix (10) personnes, dont cinq (5) ont plus de quinze (15) ans, y compris le chef de l'exploitation. Ce sont les membres actifs dont trois (3) sont des femmes et deux (2) sont des hommes. Ils sont supposés fournir une contribution importantes aux travaux des champs communs de l'exploitation. Les cinq (5) autres, ayant moins de quinze (15) ans, sont considérés comme des inactifs; mais peuvent effectuer des tâches plus légères.

Les questions étudiées au niveau de cette exploitation concernent la production végétale, le stockage, la consommation et la commercialisation. En plus de ces questions, nous traiterons du système d'élevage et des interactions entre celui-ci et le système de culture.

IV.1.2. Les éléments de base du modèle

Dans le modèle, cinq cultures principales ont été distinguées: le maïs (MA), le sorgho rouge (SR), le sorgho blanc (SB), le mil (MI), et l'arachide (AR).

Une culture secondaire, le niébé (NB), cultivée en association soit avec le sorgho (SR/NB, SB/NB), soit avec le mil (MI/NB) a aussi été prise en compte. L'ensemble de ces produits est noté P :

$$P = \{ MA, SR, SB, MI, AR, NB \} \quad (1)$$

Les champs sont distingués selon trois critères:

- le premier critère est la toposéquence, les champs situés sur les parties hautes sont différenciés de ceux situés sur les parties basses;
- le deuxième critère est la distance entre la maison et les champs; trois "anneaux" sont distingués. Le premier anneau comprend les champs situés à moins de 100 mètres de la maison; le deuxième comprend ceux à une distance de 100 à 1000 mètres et le troisième, ceux à plus de 1000 mètres.
- le troisième critère est la différence faite entre champs communs et champs individuels (des femmes). Il est supposé que les champs individuels ne se trouvent pas sur les terres basses.

Les différentes catégories de champs sont les suivants:

- s_1 : champs communs situés à proximité des maisons (à moins de 100 mètres). En général, il s'agit de petits champs (champs de case) qui sont supposés ne pas se trouver aux parties basses de la toposéquence;
- s_2 : champs communs à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à quelque distance de la concession (100m - 1000m);
- s_3 : champs communs à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à une distance plus grande de la concession (plus de 1000m);
- s_4 : champs communs à sol plus argileux situés aux parties plus basses de la toposéquence, à quelque distance de la concession (100m - 1000m); (2)
- s_5 : champs communs à sol plus argileux situés aux parties plus basses de la toposéquence, à une distance plus grande de la concession (plus de 1000m);
- s_6 : champs individuels situés à proximité des maisons (à moins de 100 mètres);
- s_7 : champs individuels à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à quelque distance de la concession (100m - 1000m);
- s_8 : champs individuels à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à une distance plus grande de la concession (plus de 1000m).

Ces catégories de champs sont également désignées comme "type de sol". L'ensemble de ces types de sol est désigné par le symbole S:

$$S = \{ s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8 \}. \quad (3)$$

Dans le modèle (de culture), quatre doses d'engrais organiques sont prises en considération: 800 kg/ha, 2000 kg/ha, 4000 kg/ha et 8000 kg/ha. La culture sans application de la fumure organique est aussi considérée. L'application de l'engrais chimique n'est pas étudiée.

Différentes périodes de semis pour la culture pure ou en association sont prises en compte. Aussi, deux niveaux d'intensité de sarclage ont été distingués pour les céréales. Le premier niveau, appelé intensif, est basé sur une très bonne gestion des champs; c'est-à-dire des sarclages avant que les mauvaises herbes n'envahissent les champs et une utilisation suffisante de main-d'oeuvre pour bien enlever les mauvaises herbes. Le deuxième niveau de sarclage, appelé extensif, est basé sur une gestion plus légère des champs. Les sarclages commencent un peu tard et sont exécutés plus vite avec moins de main-d'oeuvre.

La parcelle constitue l'élément de base du modèle de programmation linéaire. Une parcelle se réfère à une pièce de terrain où est cultivée une même culture (MA, SR, SB, MI ou AR) ou une association de cultures (SR/NB, SB/NB ou MI/NB). Elle est ensemencée dans une période, cultivée avec une technique (niveau de sarclage) et sur laquelle on applique une certaine quantité d'engrais organique.

"J" est défini comme l'ensemble des parcelles prises en considération. La surface de chaque parcelle est la première variable de décision introduite comme suit: (4)

$$SUR(j) \quad (5)$$

surface de la parcelle cultivée j , où j est un élément de l'ensemble des parcelles J .

IV.1.3. Les formules de base.

Dans le modèle, il est admis que pour une parcelle j cultivée, une partie λ_j est laissée en jachère. Cela est défini comme suit:

$$JACH(j) \tag{6}$$

la partie en jachère de la parcelle cultivée j , on a:

$$JACH(j) = \lambda_j * SUR(j) \tag{7}$$

où λ_j est le rapport entre la superficie de la parcelle en jachère et la superficie de la parcelle cultivée j . (8)

Pour pouvoir formuler la contrainte de terre, les paramètres suivants ont été introduits:

$$DSP(s) \tag{9}$$

la superficie disponible du type de sol s en hectare (ha), où s est un élément de S

$$J(s) = \text{toutes les parcelles cultivées du type de sol } s. \tag{10}$$

La contrainte de terre est donnée par l'équation suivante:

$$\sum_{j \in J(s)} (SUR(j) + JACH(j)) \leq DSP(s) \tag{11}$$

$$\text{avec } SUR(j) \geq 0 \text{ et } JACH(j) \geq 0. \tag{12}$$

La récolte des champs a lieu pendant les mois de Septembre, d'Octobre et de Novembre correspondant respectivement à $t = 8, 9, 10$.

La production des champs (parcelles) est formulée par:

$$PROD(p,t) = \sum_{j \in J} REND(j,p,t) * SUR(j) \quad (13)$$

$$\text{où } PROD(p,t) \quad (14)$$

est la récolte du produit p en période t (en kg), où p est élément de P et $t = 8, 9, 10$;

$$REND(j,p,t) \quad (15)$$

est le rendement du produit p en période t si 1 ha de la parcelle j est cultivé (en kg/ha); où j est élément de J , p élément de P et $t = 8, 9, 10$.

La production disponible pour la consommation est la différence entre la production brut ($PROD(p,t)$) et le volume de produit (p) réservé pour les semences ($SMNCE(p,t)$). Elle est formulée comme suit:

$$PROD'(p,t) = PROD(p,t) - SMNCE(p,t) \quad (16)$$

$$\text{où } PROD'(p,t) \quad (17)$$

est la récolte du produit p (en kg) en période t , disponible pour la consommation ou la vente dans la période cible de consommation et;

$$SMNCE(p,t) \quad (18)$$

est la quantité du produit p (en kg) à réserver dans la période t , pour les semis de l'année prochaine.

Le stock des produits de culture est fonction de la consommation, des ventes, des achats et des pertes de stockage. Les variables de décision sont définies par:

$$CON(p, t) \quad (19)$$

consommation du produit p en période t (en kg);

$$VEN(p, t) \quad (20)$$

vente du produit p en période t (en kg);

$$ACH(p, t) \quad (21)$$

achat de produit p en période t (en kg);

$$STOCK(p, t) \quad (22)$$

stock de produit p à la fin de la période t (en kg), les semences sont exclues;

et les paramètres par:

$$STOCK(p, 7) \quad (23)$$

stock de produit p (en kg) au début de la période cible de consommation (i.e. à la fin de la période 7);

$$f(p, t) \quad (24)$$

fraction du stock du produit p perdue en période t à cause du stockage;

où p est élément de P , $t = 8, 9, 10, 11, 12, 13$.

Alors, le niveau de stock est défini par:

$$STOCK(p, t) = (1 - f(p, t)) * STOCK(p, t-1) + (1 - f(p, t)/2) * (PROD'(p, t) + ACH(p, t) - VEN(p, t) - CON(p, t)) \quad (25)$$

Il est supposé que 70 à 80 % des besoins humains, en énergie et en protéines, sont couverts par la consommation des produits culture.

$$\Theta_1(n) \tag{26}$$

est la fraction de la demande alimentaire en nutriment n à satisfaire par la consommation des produits p , $n \in N$ ci-dessous.

Les éléments nutritifs considérés sont les calories (en kilocalories) et les protéines (en grammes). L'ensemble de ces éléments est noté:

$$N = \{ KC, PR \}. \tag{27}$$

Les paramètres suivants sont introduits:

$$DEM(n,t) \tag{28}$$

la demande alimentaire en nutriments n en période t ; $t = 8, \dots, 13$.

$$VAL(p,n) \tag{29}$$

la valeur en nutriments n de la consommation de 1 kg du produit p , $n \in N$, $p \in P$.

Une notion qui joue un rôle important est celle du déficit alimentaire. Elle se rapporte à une consommation voulue insuffisante du produit p dans le but de minimiser les déficits alimentaires pendant la période cible de consommation.

Les variables ci-dessous sont introduites:

$$DEF(n,t) \tag{30}$$

le déficit alimentaire en nutriment n dans la période $t = 8, \dots, 13; n \in N$.

$$CONS(n,t) \tag{31}$$

la consommation en nutriment n dans la période $t = 8, \dots, 13, n \in N$.

La consommation en éléments nutritifs pour chaque période $t = 8, \dots, 13$, est calculée comme suit:

$$CONS(n,t) = \sum_{p \in P} CON(p,t) * VAL(p,n) \tag{32}$$

Le déficit alimentaire doit satisfaire à:

$$DEF(n,t) \geq \Theta_1(n) * DEM(n,t) - CONS(n,t) \tag{33}$$

Un autre objectif de "l'Exploitation Centrale", discuté dans le Modèle de Culture, est la minimisation des déficits alimentaires dans la période de récolte de la saison de culture prochaine. L'idée introduite est que "l'Exploitation Centrale" a intérêt à optimiser les stocks à la fin de la période 13, pour diminuer sa dépendance vis à vis de la récolte des variétés précoces dans la saison prochaine.

Le paramètre suivant a été introduit:

$$DEMR(n) \tag{34}$$

la demande alimentaire en nutriment n dans la période de récolte de la saison de culture prochaine, n élément de N .

On définit ensuite la variable suivante:

$$DEFR(n) \quad (35)$$

le déficit alimentaire en nutriment n , dans la période de récolte de la saison de culture prochaine, si la consommation de "l'Exploitation Centrale" serait basée uniquement sur les stocks des produits de culture à la fin de la période "13", n élément de N .

Ces déficits sont calculés comme suit:

$$DEFR(n) \geq \Theta_1(n) * DEMR(n) - \sum_{p \in Pcer} STOCKR(p) * VAL(p, n) \quad (36)$$

$$\text{où } Pcer = \{MA, SB, SR, MI\}, \text{ ensemble des céréales.} \quad (37)$$

Dans le modèle, la consommation du sorgho rouge est limitée à la bière locale (le "dolo"). Elle est élevée pendant la période post-récolte, lors des fêtes, des funérailles et des mariages. On formule une contrainte pour limiter cette consommation à une consommation "moyenne". Elle est définie comme suit:

$$MAXSR(t) \quad (38)$$

quantité maximale de sorgho rouge (en kg) qui peut être consommée par période $t = 8, \dots, 13$.

Il s'ensuit que:

$$CON(SR, t) \leq MAXSR(t) \quad (39)$$

Il est supposé que les stocks à la fin de la période cible de récolte suivante (stock de sécurité), ne doivent pas comporter plus de sorgho rouge que ce qui est consommé habituellement dans la période de récolte. Cette condition est formulée comme suit:

$$STOCK(SR,13) \leq MAXSR(8) + MAXSR(9) + MAXSR(10). \quad (40)$$

Aussi, pour éviter d'aboutir à une consommation qui est satisfaite en termes nutritifs (si on tient compte de l'arachide ou du niébé), une contrainte est introduite pour que le maïs (MA), le sorgho blanc (SB) et le mil (MI) soient les produits de base des repas. Comme dans l'équation (32), la consommation céréalière de base (sauf sorgho rouge) en nutriment (n) pendant la période t ($CONS'(n,t)$) est définie comme suit:

$$CONS'(n,t) = \sum_{\substack{p \in P_{cer} \\ p \neq SR}} CON(p,t) * VAL(p,n) \quad (41)$$

$$CONS'(n,t) \quad (42)$$

est la consommation du maïs, du sorgho blanc et du mil en nutriment n pendant la période $t = 8, \dots, 13$ et $n \in N$.

La condition suivante a été introduite pour imposer que les repas journaliers soient constitués en grande partie de céréales de base:

$$CONS'(n,t) \geq \Theta_2(n) * (CONS(n,t) - CON(SR,t) * VAL(SR,n)) \quad (43)$$

$$\Theta_2(n) \quad (44)$$

sont les paramètres d'imposition ayant les valeurs 0,85 et 0. c'est-à-dire 85% de la valeur énergétique issue de la consommation viennent des trois produits (MA, SB,MI).

Enfin, pour étudier les conséquences nutritionnelles d'une plus grande consommation de l'arachide et du niébé, il est supposé que la consommation en nutriments de ces deux produits, n'est dans aucune période trop basse. Cela est formulé comme suit:

$$CONS(n,t) \geq \Theta_3(n) * DEM(n,t) \quad (45)$$

$$\Theta_3(n) \quad (46)$$

sont aussi des paramètres comme dans (44) et dont les valeurs sont (0,65 et 0,50).

Tels sont quelques éléments du modèle de culture. D'autres éléments seront introduits dans la troisième partie (Modèle Intégré) ainsi que les modifications nécessaires. Pour le lecteur qui voudrait avoir plus de détails sur le modèle de culture peut consulter le document de référence.

IV.2. LE MODÈLE D'ÉLEVAGE.

Le modèle d'élevage est fondé sur le système d'élevage des cultivateurs ayant la culture comme activité principale²⁴. La structure de présentation du modèle commence par les éléments de base. Elle se poursuit par les variations du nombre des animaux et la disponibilité des pâturages, de l'eau. Elle se termine par la production de la fumure animale.

IV.2.1. Les éléments de base du modèle.

Nous considérons l'espèce comme l'élément de base de l'activité d'élevage. Une espèce, notée e , se réfère à un animal,

- d'un certain type (bovins, ovins, caprins, volaille),
- qui est dans une classe d'âge, et
- qui suit un mode d'élevage ou régime alimentaire.

Les espèces considérées dans le modèle sont les espèces de races mossi. Leur régime alimentaire est basé sur le fourrage des pâturages (herbes, arbustes, arbres) et des résidus de culture.

La prise en compte dans le modèle de toutes les espèces est un peu compliquée du point de vue des paramètres à estimer. Pour cette raison, nous regroupons ces espèces en trois grandes catégories qui sont:

- les gros ruminants (bovins et asins) quand bien même l'âne n'est un ruminant;
- les petits ruminants (ovins et caprins);
- la volaille (poules et pintades).

²⁴ Système Agro-pastoral à Dominance Cultural (SADC), voir Annexe 1: A.1.3.b.

Les différentes catégories d'espèces distinguées sont les suivantes:

- e1*: gros ruminant mâle de 0 - 1 an;
- e2*: gros ruminant mâle de 1 - 4 ans;
- e3*: gros ruminant mâle de 4 ans et +;
- e4*: gros ruminant femelle de 0 - 1 an;
- e5*: gros ruminant femelle de 1 - 4 ans;
- e6*: gros ruminant femelle de 4 ans et +;
- e7*: petit ruminant mâle de 0 -1 an; (47)
- e8*: petit ruminant mâle de 1 - 2 ans;
- e9*: petit ruminant mâle de 2 ans et +;
- e10*: petit ruminant femelle de 0 - 1 an;
- e11*: petit ruminant femelle de 1 - 2 ans;
- e12*: petit ruminant femelle de 2 ans et +;
- e13*: la petite volaille (de 0 à quelques mois);
- e14*: la volaille "adulte".

L'ensemble de ces espèces est noté par E .

$$E = \{e1, e2, e3, e4, e5, e6, e7, e8, e9, e10, e11, e12, e13, e14\} \quad (48)$$

IV.2.2 Les variations du nombre d'animaux.

Le nombre d'animaux évolue en fonction des ventes, des achats, des naissances, de la mortalité, de la consommation et des pertes. Le nombre augmente grâce aux naissances (reproduction) et aux achats et diminue suite aux décès (mortalité), aux ventes et à la consommation. Les pertes et les dons ne sont pas inclus dans le modèle.

Le troupeau de petits ruminants d'une exploitation comporte en moyenne, sensiblement le même nombre de mâles et de femelles dans la classe d'âge 0-1 an (respectivement 21 et 25%). A partir de 1 an, le nombre de mâles diminue fortement par rapport au nombre de femelles (respectivement 6 et 11%). Le troupeau ne comporte pratiquement plus de mâles au-delà de 2 ans (3% contre 35%) (BOURZAT, 1980; MEYER, 1989; MAE/PSA, 1990). Ce phénomène est dû au fait que le taux d'exploitation (vente et/ou consommation) des mâles est élevé à partir de un an. Il varie de 70 à 93% (BOURZAT, 1980). Ce qui justifie la restriction des classes d'âge à 2 ans et plus.

Pour les gros ruminants c'est à partir de 4 ans que le nombre de mâles diminue et c'est à cet âge que la reproduction des femelles commence. C'est pourquoi la classe d'âge des gros ruminants se limite à 4 ans et +. (Cf. Annexe 2: les Tableaux A2.9, A2.10 et A2.17).

Les taux de mortalité²⁵ considérés pour les petits ruminants sont de 17,8% dans la classe d'âge 0-1 an, 7% dans 1-2 ans et 6,5% dans 2 ans et +. Pour les gros ruminants, les taux sont 8,2% dans 0-1 an, 4,5% dans 1-2 ans et 12,1% dans 2 ans et +. (cf. Annexe2: les Tableau A2.14, A2.17). Pour la volaille le taux considéré est de 50%.

²⁵ Le taux de mortalité est le nombre d'animaux morts dans l'année (dans la classe d'âge considérée), divisé par le nombre (total) moyen des animaux d'âge égal à cette classe au cours de la même année (voir: Annexe 2, A.2.2.c).

Les paramètres de reproduction²⁶ considérés sont de: 1,21 petits ruminants par femelle par an, 1 gros ruminant par femelle par an et 6 petites volailles par volaille femelle par an.

Nous définissons les paramètres suivants:

$$N(e,0) \quad (49)$$

nombre initial d'animaux d'espèce e au début de la période de planification;

$$tm(e,t) \quad (50)$$

taux de mortalité de l'espèce e en période t ;

$$trg \quad (51)$$

taux de reproduction annuel des gros ruminants;

$$trp \quad (52)$$

taux de reproduction annuel des petits ruminants;

$$trv \quad (53)$$

taux de reproduction annuel de la volaille;

où e est élément de E et $t = 8, \dots, 13$.

²⁶ Le taux de reproduction est déterminé à partir de l'âge à la première mise bas, l'intervalle entre les mises bas et le taux de fécondité. Le taux de fécondité est le nombre de nouveaux-nés vivants divisé par le nombre de femelles ayant mis bas au moins une fois (voir: Annexe 2, A.2.2.c). Pour obtenir le taux de reproduction, on divise le taux de fécondité par le nombre moyen d'années que chaque femelle a passé dans le troupeau à partir de l'âge à la puberté.

Dans notre cas, nous voulons des taux par période (inférieur à l'année). Pour cela, nous multiplions le taux de reproduction (trg , trp ou trv) par un coefficient $k(t)$ qui est la durée de la période t divisée par la durée d'une année. Par exemple, la durée de la période 1 est de 15 jours, $k(1)=15/365$.

Les ventes et les achats font parties des stratégies agricoles des cultivateurs. Ils s'effectuent à des périodes bien précises reflétant la disponibilité ou l'épuisement des ressources monétaires ou vivrières des exploitations. Les consommations ont trait aux cérémonies religieuses ou coutumières. Les variables de décision sont les suivantes:

$$ACH(e,t) \tag{54}$$

nombre d'espèces achetées en période t ;

$$VEN(e,t) \tag{55}$$

nombre d'espèces vendues en période t ;

$$CON(e,t) \tag{56}$$

nombre d'espèces consommées en période t ;

A partir des paramètres et des variables de décision (ci-dessus) le nombre d'animaux possédé par l'exploitation est déterminé par le modèle. Ce nombre varie selon les périodes; il est appelé variable d'état et introduit comme suit:

$$N(e,t) \tag{57}$$

le nombre d'animaux d'espèce e possédé par l'exploitation à la fin de période t .

où: e est un élément de l'ensemble E , t est un élément de l'ensemble des périodes de la période de planification pour les activités d'élevage (discutée au point IV.3.1).

La détermination du nombre d'animaux à une période donnée ($N(e,t)$) tient compte, non seulement des paramètres et des variables de décision (comme indiqué ci-dessus) mais aussi du fait que ce sont les femelles les plus âgées (2 ans et + pour les petits ruminants et 4 ans et + pour les gros ruminants) qui se reproduisent.

Le nombre d'animaux d'espèce e d'une classe d'âge donnée peut être déterminé en considérant qu'il est égal au nombre de naissances (pour ceux de la classe d'âge 0 - 1 an) ou au nombre qui passe d'une classe d'âge à l'autre (pour les autres classes) plus le nombre qui reste dans la classe plus les achats moins les ventes et les consommations. La formulation se fait par classe d'âge.

Pour les gros ruminants de 0-1 an ($e1$ et $e4$):

$$N(e,t)^{27} = N(e6, t-1) * \text{trg} * k(t) * (1-tm(e,t)/2) + (1-k(t)) * N(e,t-1) * (1-tm(e,t)) + (ACH(e,t) - VEN(e,t) - CON(e,t)) * (1 - tm(e,t)/2) \quad (58)$$

pour $e \in \{ e1, e4 \}$

$$\text{où } k(t) \quad (59)$$

est la durée de la période t divisée par la durée d'une année;

$$\text{trg} * k(t) \quad (60)$$

est le taux de reproduction des gros ruminants en période t ;

$$(1-k(t))^{28} * N(e,t-1) \quad (61)$$

est le nombre d'animaux qui reste dans la même classe d'âge;

²⁷ $N(e6, t-1) * \text{trp} * k(t) * (1-tm(e,t)/2)$ est le nombre de nouveaux nés survivants. On divise $tm(e,t)$ par 2 parce qu'on suppose que les mortalités s'effectue en moyenne pendant la moitié de la période.

$(1-k(t)) * N(e, t-1) * (1-tm(e,t))$ est le nombre de survivants qui reste dans la même classe d'âge.

²⁸ Par analogie à $tm(e,t)$ qui est le pourcentage d'espèce e qui meurt en période t et à $(1-tm(e,t))$ qui est le pourcentage d'espèce e qui survivent, $k(t) * N(e, t-1)$ est le nombre d'animaux d'espèce e qui passe dans une autre classe d'âge et $(1-k(t)) * N(e, t-1)$ est le nombre d'animaux d'espèce e qui reste dans la même classe d'âge.

Pour les petits ruminants de 0-1 an (e7 et e10):

$$N(e,t) = N(e12,t-1) * trp * k(t) * (1-tm(e,t)/2) + (1-k(t)) * N(e,t-1) * (1-tm(e,t)) + (ACH(e,t) - VEN(e,t) - CON(e,t)) * (1 - tm(e,t)/2) \quad (62)$$

pour $e \in \{e7, e10\}$

$$\text{où } trp * k(t) \quad (63)$$

est le taux de reproduction des petits ruminants en période t;

Pour les espèces (gros et petits ruminants): e2, e5, e8, e11.

$$N(e,t) = k(t) * N(e-1,t-1) * (1-tm(e,t)/2) + (1-k(t)) * N(e,t-1) * (1-tm(e,t)) + (ACH(e,t) - VEN(e,t) - CON(e,t)) * (1-tm(e,t)/2) \quad (64)$$

pour $e \in \{e2, e5, e8, e11\}$

$$\text{où } k(t) * N(e,t-1) \quad (65)$$

est le nombre d'animaux qui passe dans une autre classe d'âge;

Pour les espèces (gros et petits ruminants): e3, e6, e9, e12.

$$N(e,t) = k(t) * N(e-1,t-1) * (1-tm(e,t)/2) + N(e,t-1) * (1-tm(e,t)) + (ACH(e,t) - VEN(e,t) - CON(e,t)) * (1-tm(e,t)/2) \quad (66)$$

Pour $e \in \{e3, e6, e9, e12\}$.

Pour la petite volaille (e13):

$$N(e13,t) = N(e14,t-1) * k(t) * trv * (1-tm(e13,t)/2) + N(e13,t-1) * (1-tm(e13,t)) + (ACH(e13,t) - VEN(e13,t) - CON(e13,t)) * (1 - tm(e13,t)/2) \quad (67)$$

pour $e \in \{e13\}$.

Pour la volaille adulte (e14):

$$N(e14,t) = N(e13,t-1) * k(t) * (1-tm(e14,t)/2) + N(e14,t-1) * (1-tm(e14,t)) + (ACH(e14,t) - VEN(e14,t) - CON(e14,t)) * (1-tm(e14,t)/2) \quad (68)$$

pour $e \in \{e14\}$.

Nous nous concentrons, à cette étape du processus d'élaboration du modèle, sur les espèces de race mossi, ayant un régime alimentaire basé sur le fourrage des pâturages et le fourrage de résidus de culture. Il est possible d'étudier un système plus intensif, avec des races plus performantes (race peulh, par exemple) et un régime alimentaire plus élaboré (embouche, par exemple).

IV.2.3 Disponibilité de fourrage et d'eau.

L'étendue de la superficie disponible par catégorie de terre dépend de la superficie totale dont dispose l'exploitation. Les superficies disponibles pour les cultures selon les types de sol, sont estimées et introduites dans le Modèle de Culture.

Il est possible d'introduire un autre type de sol, comme pâturage, pour la culture fourragère. Cette possibilité n'est pas pour l'instant envisagée dans le modèle. Le système actuel de gestion des pâturages ne permet pas de définir une superficie disponible comme pâturage et d'estimer (quantifier) la quantité de fourrage susceptible d'être disponible. Une option possible est de supposer que la quantité de matières sèches disponible pour "l'Exploitation Centrale" est égale à la quantité totale de matières sèches disponible au niveau régional divisée par le nombre d'exploitations dans la région.

Cette possibilité n'est pas encore prise en compte dans le modèle. Pour cela, nous ne portons pas de contrainte sur la disponibilité de fourrage naturel. En plus, elle n'est pas limitative en période de pluie. La contrainte que nous exprimons se situe au niveau de la disponibilité des résidus de culture.

Le problème d'eau se présente de la même façon que les pâturages. Pendant la période des pluies (Juin à Octobre), l'eau ne constitue pas une contrainte. Elle est disponible partout dans les mares, les ruisseaux.

La contrainte d'eau se situe dans la période sèche (Décembre à Mai). Mais nous sommes limité par la méthode d'estimation d'une quantité d'eau disponible par exploitation. Pour cette raison, l'eau n'est pas pour l'instant prise en compte.

Nous considérons que les animaux se nourrissent, pendant la période humide de fourrage fourni par les pâturages. Pendant la période sèche, ils sont alimentés par les résidus de cultures (résidus de sorgho, de mil, fanes d'arachide, fanes de niébé).

Nous introduisons le paramètre:

$$BF(e,t) \tag{69}$$

besoins en fourrage par espèce e , en période t (en kg);

et la variable d'état:

$$CONF(t) \tag{70}$$

consommation de fourrage (en kg) en période t ;

où $CONF(t)$ est égal au fourrage des pâturages plus les stocks de résidus à la fin de la période t ($STOCKR(t)$).

Pour e élément de E et $t = 1, 2, \dots, 13$.

On suppose que pour $e13$ et $e14$, $BF(e,t) = 0$: les besoins en fourrage de la volaille sont nuls.

La contrainte sur la disponibilité en fourrage se formule comme suit:

$$\sum_{e \in E} BF(e,t) * N(e,t) = CONF(t) \quad (71)$$

On suppose que la quantité de fourrage disponible pour les animaux est assez grande pendant la période de pluie ($t=3, 4, \dots, 10$) et correspond au fourrage des pâturages. Pendant la période sèche ($t = 11$ et 12), elle correspond au stock de résidus.

IV.2.4. Disponibilité de fumure organique.

La fumure organique se compose de la fumure animale et de la fumure obtenue de la décomposition d'autres organes biologiques (végétale, par exemple). L'accent est mis ici sur la fumure animale dont la production en quantité est différente d'une espèce à l'autre. Nous considérons une production annuelle de 500 kg/UBT (cf. Annexe 2: A2.7). L'Unité Bétail Tropical (UBT) est une unité conçue pour comparer les caractéristiques des différents animaux. Une UBT est un bovin de 250 kg équivalent à 10 ovins ou 10 caprins (cf. Annexe 2: A2.7). Dans le modèle, une UBT est un gros ruminant correspondant à 10 petits ruminants.

Des 500 kg/an/UBT, nous obtenons une quantité de 1,4 kg/j/UBT. Il est très simple, avec cette unité, de calculer, selon l'espèce et son poids, la quantité de fumure produite. Nous considérons que les petits (0-1 an) produisent la moitié de ce que produisent les adultes (2 ans et +, 4 ans et +) et que les jeunes (1-2 ans pour les petits ruminants, 1-4 ans pour les gros), les deux tiers de ce que produisent les adultes. Nous obtenons pour les gros ruminants les chiffres suivants: 21 kg pour ceux de la classe 0-1 an ($e1$ et $e4$), 28 kg pour ceux de la classe 1-4 ans ($e2$ et $e5$) et 42 kg pour ceux de la classe 4 ans et + ($e3$ et $e6$), pour une période d'un mois.

Pour obtenir les chiffres concernant les petits ruminants, il suffit de diviser les chiffres ci-dessus par 10 en respectant la spécification par espèce. Si l'objectif recherché est la production de fumure, il est possible de substituer les bovins aux petits ruminants; c'est-à-dire au lieu de garder un gros ruminant, on préférera garder 10 petits ruminants dont la production de fumure est supposée identique à celle d'un gros ruminant. Les équations de production de fumure et les contraintes sont présentées dans le Modèle Intégré au point IV.3.3.

IV.3. LE MODÈLE INTÉGRÉ.

Le Modèle Intégré traite des interactions possibles entre culture et élevage. Les interactions concurrentielles se situent au niveau de la main-d'oeuvre (Point IV.3.4). Il est nécessaire de disposer d'un calendrier d'exécution des activités: période de planification (Point IV.3.1). Les éléments de complémentarité au niveau de la production des cultures, de la production des animaux et des moyens financiers sont abordés respectivement dans les points IV.3.2, IV.3.3 et IV.3.5. Enfin, la stratégie optimale est analysée au point IV.3.6.

IV.3.1. La période de planification.

La période de planification est "l'espace temps" sur lequel sont étudiées les stratégies de production, de stockage, de consommation et de commercialisation.

La saison agricole commence au mois de Mai et s'achève en Novembre. Le début de la saison agricole (de Mai à Juillet) est divisée en périodes de deux (2) semaines pour analyser le choix des périodes de semis (chaque semaines de "retard" dans les semis peut occasionner des baisses de rendements), et aussi pour mieux analyser la compétition entre les semis des cultures et les premiers sarclages de céréales.

La concurrence en main-d'oeuvre, entre la conduite des activités de culture et le gardiennage des animaux, est étudiée sur cette période (Mai à Novembre).

Les stratégies de stockage (récolte, résidus de culture), d'alimentation du bétail, de commercialisation (bétail, céréales) et de production de fumier sont étudiées à partir de Septembre ($t = 8$) jusqu'à la fin de la période 13 (ci-dessous). La quantité de fumure produite pendant cette période est appliquée sur les champs pendant la période des cultures (Juin, Juillet).

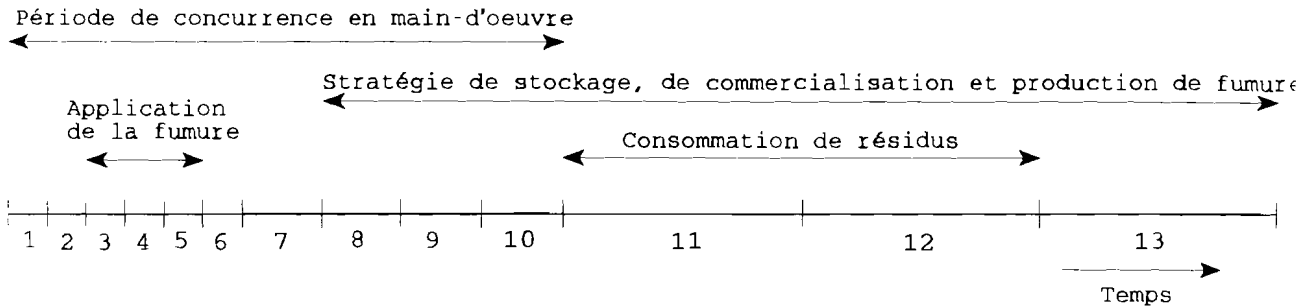
Les récoltes ont lieu en Septembre, Octobre, Novembre ($t = 8, 9, 10$). C'est en ce moment aussi que s'effectue le stockage des résidus de culture pour l'alimentation des animaux. La consommation des résidus stockés commence dès Décembre et s'achève en Mai ($t = 11, 12$).

La période de planification est divisée et numérotée identiquement à celle du Modèle de Culture. Elle est comme suit:

$t = 1, 2, \dots, 13$.

- | | | |
|----|---|------|
| 1 | la première moitié du mois de Mai (1 - 15 Mai) | |
| 2 | la deuxième moitié du mois de Mai (16 - 31 Mai) | |
| 3 | la première moitié du mois de Juin (1 - 15 Juin) | |
| 4 | la deuxième moitié du mois de Juin (16 - 30 Juin) | |
| 5 | la première moitié du mois de Juillet (1 - 15 Juillet) | |
| 6 | la deuxième moitié du mois de Juillet (16 - 31 Juillet) | |
| 7 | le mois d'Août (1 - 31 Août) | (72) |
| 8 | le mois de Septembre (1 - 30 Septembre) | |
| 9 | le mois d'Octobre (1 - 31 Octobre) | |
| 10 | le mois de Novembre (1 - 30 Novembre) | |
| 11 | les mois de Décembre, Janvier et Février (1 Déc. - 28 Fév.) | |
| 12 | les mois de Mars, Avril et Mai (1 Mars - 31 Mai) | |
| 13 | les mois de Juin, Juillet et Août (1 Juin - 31 Août) | |

Schématiquement, les activités sont programmées de la façon suivante:



IV.3.2. La production des cultures.

Le système de culture fournit des produits pour la consommation humaine (céréales, arachide, niébé) et des résidus de culture destinés à l'alimentation des animaux. On rappelle que les rendements en grain par produit sur la parcelle j à chaque période t sont notés:

$$REND(j,p,t) \quad (73)$$

rendement du produit p en période t si 1 ha de la parcelle j est cultivé (en kg/ha);
où j est élément de J , p élément de P et $t = 8, 9, 10$.

Les résidus de culture considérés sont: les résidus de sorgho, de mil, les fanes d'arachide et de niébé. Les rendements en résidus sont liés aux rendements en grain, et s'obtiennent en multipliant les rendements en grain par un coefficient (de conversion). Le coefficient des céréales est de 3 et celui des légumineuses (arachide, niébé) est de 8 (cf. Annexe 2: A2.4.b).

Si nous définissons les paramètres:

$$RENDR(j,p,t) \quad (74)$$

Rendement en résidus du produit p sur 1 ha de la parcelle j en période t (en kg de matière sèche);

$$RENDR(j,p,t) = REND(j,p,t)*C(p) \quad (75)$$

où $C(p)$ est le coefficient de conversion. (76)

et la variable d'état:

$$PRODR(t) \quad (77)$$

production de résidus en kg par ha en période $t = 8, 9, 10$.

La production de résidus (en matière sèche) est calculée comme suit:

$$PRODR(t) = \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} RENDR(j,p,t) * SUR(j) \quad (78)$$

Le stockage des résidus de culture commence au moment des premières récoltes, en Septembre ($t = 8$), et s'achève après les récoltes ($t = 12$). Le stock évolue, pendant l'année après les récoltes, en fonction des pertes, de l'utilisation des membres de l'exploitation et de la consommation par les animaux.

La consommation de résidus commence en Décembre (début de la période 11), au moment où il n'y a plus d'herbes.

Nous introduisons:

$$STOCKR(t) \quad (79)$$

stock de résidus en période t (en kg de matière sèche); où $t = 8, \dots, 12$.

$$CONR(t) \quad (80)$$

consommation de résidus de cultures en période t (en kg de matière sèche) par l'ensemble des animaux de "l'Exploitation Centrale"; $t = 8, \dots, 12$.

$$fr(t) \quad (81)$$

fraction des résidus perdue en période t , y compris les utilisations diverses;

Le stock de résidus à la fin de la période t ($t = 8, 9, 10, 11, 12$) est donné par:

$$STOCKR(t) = \quad (82)$$

$$STOCKR(t-1) * (1-fr(t)) + (PRODR(t) - CONR(t)) * (1 - fr(t)/2)$$

$$\text{où } PRODR(t) = 0 \text{ pour } t = 11, 12; \quad (83)$$

$$CONR(t) = CONF(t) \text{ pour } t = 11 \text{ et } 12. \quad (84)$$

IV.3.3. La production animale: la fumure.

Dans le Modèle de Culture, la fumure organique était considérée comme une variable exogène. Dans le Modèle Intégré la fumure est une variable endogène.

Nous définissons les paramètres suivants:

$$PFUM(e,t) \quad (85)$$

production récupérée de fumure animale (en kg) d'une espèce (e) en période t ; où e est un élément de E et $t = 8, \dots, 13$.

$$FUM(j) \quad (86)$$

quantité en kg/ha de fumier appliquée sur la parcelle j,

où j est un élément de J.

La production totale de fumure animale en période t est désignée par $PRODFUM(t)$;

$t = 8, \dots, 13$.

$$PRODFUM(t) = \sum_{e \in E} PFUM(e,t) * N(e,t) \quad (87)$$

La disponibilité annuelle de fumure organique (animale) pour l'exploitation (en kg) est donnée par:

$$DSPFUM = \sum_{t=8, \dots, 13} PRODFUM(t) \quad (88)$$

La condition pour que la quantité de fumier utilisée sur les champs soit au plus égale (inférieure ou égale) à la quantité disponible est formulée comme suit:

$$\sum_{j \in J} FUM(j) * SUR(j) \leq DSPFUM \quad (89)$$

L'achat par l'exploitation de fumure organique n'est pas envisagé dans le modèle.

IV.3.4. La main-d'oeuvre.

La prise en compte de la main-d'oeuvre allouée à l'élevage se fait dans la période des cultures ($t = 1, 2, \dots, 10$ c'est-à-dire de Mai à Novembre) pour analyser la concurrence en main-d'oeuvre entre les activités de culture et d'élevage.

Pendant cette période, l'eau (de pluie) est disponible dans les mares et les bas-fonds, et le fourrage naturel est disponible dans les pâturages. De ce fait, il n'est pas nécessaire de parler de main-d'oeuvre pour alimenter et abreuver les animaux. Ces quantités de main-d'oeuvre sont comprises dans la main-d'oeuvre de garde (conduite et surveillance des animaux).

On peut supposer qu'à un nombre élevé d'animaux, la quantité de main-d'oeuvre nécessaire à la garde devient constante. Elle n'augmente plus en fonction du nombre d'animaux. Nous considérons un niveau donné, comme niveau de base dans le modèle; ceci, pour prendre en compte le phénomène d'économie d'échelle (voir équation 102).

En plus de la main-d'oeuvre pour garder les animaux, il faut de la main-d'oeuvre pour stocker les résidus. Cette main-d'oeuvre consiste en la main-d'oeuvre pour les ramasser sur les champs, les transporter à l'exploitation et les stocker. Nous supposons, pour simplifier, que la main-d'oeuvre pour stocker est équivalente à la main-d'oeuvre pour récolter. Ainsi, nous donnons le nombre d'heures de base par produit (SR=130, SB=130, MI=130, AR=100, NB=130).

Dans le modèle de culture, la quantité disponible de main-d'oeuvre par exploitation et par mois est estimée en supposant qu'un actif peut travailler 7,5 heures par jour pour les hommes et 6,5 heures par jour pour les femmes. Cela pendant 26 jours en un mois sur les champs ou 13 jours pendant un demi mois. La main-d'oeuvre des enfants n'est pas prise en compte dans le Modèle de Culture. Dans le Modèle Intégré, il est supposé que les enfants fournissent la majeure partie de la main-d'oeuvre consacrée à l'élevage (cf. Annexe 2: A.2.6.a). Le gardiennage des animaux est d'ailleurs reconnu comme étant leur responsabilité. Nous supposons qu'ils consacrent six (6) heures par jour à la garde des animaux.

Les adultes y participent en raison deux (2) heures par jour pour maintenir les animaux éloignés des champs cultivés, lorsque les risques de dégâts sont élevés. Dans ce cas, la main-d'oeuvre des adultes est analysée comme des transferts de main-d'oeuvre de la culture à l'élevage.

Si nous ne prenons pas en compte d'autres sources (entraide, location de main-d'oeuvre) susceptibles d'augmenter la main-d'oeuvre, les contraintes de main-d'oeuvre au sein de l'exploitation sont faciles à formuler.

Définissons d'abord les paramètres suivants:

$$M'OC(j,t) \quad (90)$$

main-d'oeuvre requise dans la période t pour cultiver 1 ha d'une parcelle j ;

$$M'OGARDE(t) \quad (91)$$

main d'oeuvre nécessaire dans la période t pour garder le troupeau (en heures);

$$M'OR(j,t) \quad (92)$$

main-d'oeuvre nécessaire pour ramasser, transporter et stocker les résidus de culture sur la parcelle j en période t (en heures/ha);

où j est un élément de J , $t = 1, \dots, 10$.

$$DSPM'OAC(t) \quad (93)$$

main-d'oeuvre disponible dans la période t pour les activités de culture (en heure) sur les champs communs;

$$DSPM'OAI(t) \quad (94)$$

main-d'oeuvre disponible dans la période t pour les activités de culture (en heure) sur les champs individuels;

$$DSPM'OE(t) \quad (95)$$

main-d'oeuvre disponible dans la période t pour les activités d'élevage (en heure);

$$TM'OA(t) \tag{96}$$

main-d'oeuvre des adultes transférée aux activités de l'élevage en période t; pour tout $t = 1, \dots, 10$.

Pour "l'Exploitation Centrale", les contraintes de main-d'oeuvre sont formulées comme suit:

Contrainte de main-d'oeuvre sur les champs individuels:

$$\sum_{j \in JI} M'OC(j,t) * SUR(j) \leq DSPM'OAI(t) \tag{97}$$

$$JI = \{\text{toutes les parcelles correspondant aux champs individuels}\}. \tag{98}$$

Contrainte de main-d'oeuvre sur les champs communs:

$$\sum_{j \in JC} M'OC(j,t) * SUR(j) + TM'OA(t) \leq DSPM'OAC(t) \tag{99}$$

$$JC = \{\text{toutes les parcelles correspondant aux champs communs}\}. \tag{100}$$

Contrainte de main-d'oeuvre sur les activités d'élevage:

$$M'OGARDE(t) + \sum_{j \in J} M'OR(j,t) * SUR(j) \leq DSPM'OE(t) + TM'OA(t) \quad (101)$$

où $M'OGARDE(t)^{29} = M'OGI(t) + \sum_{e \in E} M'OG2(e,t) * N(e,t) \quad (102)$

$$M'OGI(t) \quad (103)$$

est le nombre d'heures de base pour la garde des animaux par période t;

$$M'OG2(e,t) \quad (104)$$

est le nombre d'heures consacré à chaque espèce e en période t.

Dans le Modèle de Culture, des nombres de jours favorables ont été considérés pour les périodes $t = 1, 2, 3, 4$ et 5 . Ces nombres de jours sont respectivement $2,5, 3,5, 5, 7$, et $8,5$. Ces chiffres tiennent compte du fait que les grandes pluies, en début de saison agricole, sont rares et limitent le nombre de jours favorables pour les semis. Pour cela, il est défini:

$$SEMJRS(t) \quad (105)$$

jours favorables dans la période t pour la préparation des champs et les semis (en heures);

$$M'OCS(j,t) \quad (106)$$

main-d'oeuvre requise dans la période t pour préparer et semer 1 ha d'une parcelle j, où j est élément de J.

²⁹ On tient compte du fait que lorsque le nombre d'animaux augmente dans le troupeau, le nombre d'heures consacré à chaque animal diminue. Nous considérons un nombre d'heures de base par période ($M'OGI(t)$) auquel on ajoute, le nombre d'heures additionnel lorsqu'un animal, en plus, est introduit ($M'OG2(e,t)$). On considère aussi qu'en période de culture le nombre d'heures consacré à chaque animal est plus élevé qu'en période sèche. Compte tenu du fait qu'il faut éloigner les animaux des champs cultivés.

Pour tenir compte de cette condition, nous retranchons de la disponibilité de main-d'oeuvre pour les activités de culture sur les champs communs, les transferts de main-d'oeuvre des adultes vers l'élevage.

Pour toutes les périodes $t = 1, 2, 3, 4$ et 5 , on a:

$$\sum_{j \in JC} M'OCS(j,t) * SUR(j) \leq SEMJRS(t) * (DSPM'OAC(t) - TM'OA(t)) \quad (107)$$

$$\sum_{j \in JI} M'OCS(j,t) * SUR(j) \leq SEMJRS(t) * DSPM'OAI(t) \quad (108)$$

IV.3.5. Bilans financiers.

Nous ne traitons pas tous les aspects financiers de l'exploitation. Les coûts de production ne sont traités pour la simple raison que l'application de l'engrais chimique et l'utilisation de la traction animale ne sont pas considérées dans ce modèle. Les revenus de "l'Exploitation Centrale" se composent des ventes des produits de culture, des revenus non agricoles (commerce, envoi d'argent par un membre de l'exploitation émigré) et des ventes d'animaux. Les dépenses portent sur les achats de céréales, les achats d'animaux et d'autres dépenses en achats de produits industriels. Généralement, les paysans ne vendent les céréales qu'après la récolte ($t = 11$) et ne les achètent qu'avant la nouvelle récolte, période de pré-soudure et soudure ($t = 8, 12, 13$) telle que considérée dans le Modèle de Culture. Dans la stratégie des paysans, les périodes de vente des céréales correspondent aux périodes d'achats d'animaux, c'est-à-dire en Décembre, Janvier, Février; et les périodes de vente de bétail correspondent aux périodes d'achat de céréales comme indiquées ci-dessus.

Ainsi, nous définissons:

$$VEN(p,t) = 0 \text{ et } ACH(e,t) = 0 \text{ pour } t = 8,9,10,12,13. \quad (109)$$

$$ACH(p,t) = 0 \text{ et } VEN(e,t) = 0 \text{ pour } t = 9, 10, 11. \quad (110)$$

De ce fait, on peut s'attendre, dans le cas d'un déficit important en céréale que les ventes, en nombre d'espèces animales, soient très élevées. Dans le cas d'un déficit généralisé de céréales, les prix sont très élevés par rapport aux prix de vente des espèces animales. Cela explique aussi pourquoi les ventes du bétail peuvent être très importantes. Aussi, les prix de vente et d'achat des espèces au niveau de l'exploitation sont très différents (inférieurs) des prix sur les marchés à bétail (cf. Annexe 2: A.2.8). Pour les petits ruminants et la volaille, les prix sont estimés sur la base du niveau de prix fourni par Jager, A.N. (1995).

Pour les gros ruminants nous partons des prix sur les marchés à bétail mais en considérant des niveaux plus bas. Ces différents prix sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau IV.2: Estimation des prix d'achat et de vente d'espèces

(en centaine de FCFA/Espèce).

Espèces	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14
Prix achat	170	220	270	150	200	250	17	20	22,5	15	18	21	2,5	4
Prix vente	150	190	240	130	170	220	15	18	20	13	16	18	1	3

Sources: DSAP/MARA, 1994; Jager,A.N.,1995; nos estimations.

Les prix des céréales, $PRV(P)$, sont des prix aux producteurs, réalisés juste après la récolte. Les prix d'achat des céréales, $PRA(P)$, sont des prix aux consommateurs pratiqués par les commerçants/détaillants. Dans le Modèle de Culture, ces différents prix sont estimés comme suit:

Tableau IV.3: Prix de vente (au producteur) et d'achat (au consommateur) des produits végétaux en FCFA/kg.

P	MA	SR	SB	MI	AR	NB
PRV (P)	64	56	61	66	108	78
PRA (P)	120	96	100	107		

Source: Maatman et Schweigman, 1994.

Il est supposé que "l'Exploitation centrale" n'achète de l'arachide ni du niébé. Seulement les prix de vente sont considérés. Aussi, pendant les périodes de la récolte ($t = 9$ et 10), elle ne vend ni n'achète.

Le bilan financier est étudié pour l'ensemble des produits de culture et l'ensemble des espèces. Ce nouvel ensemble est noté PT :

$$PT = \{MA, SR, SB, MI, AR, NB, e1, e2, \dots, e14\} \quad (111)$$

Nous introduisons la variable suivante:

$$FIN(t): \quad (112)$$

moyens financiers (FCFA) dont dispose "l'Exploitation Centrale" à la fin de la période t .

Les paramètres sont les suivants:

$$FIN(7): \quad (113)$$

moyens financiers (FCFA) de "l'Exploitation Centrale" à la fin de la période 7;

$$RNAE(t) \quad (114)$$

revenus non-agricole et non élevage (FCFA) pendant la période t ,

$$DNAE(t) \quad (115)$$

dépenses non agricole et non-élevage (FCFA) pendant la période t ,

$$PRV(pt) \quad (116)$$

prix de vente que l'exploitation compte réaliser en vendant 1 kg du produit de culture ou une espèce animale (FCFA),

$$PRA(pt) \quad (117)$$

prix d'achat que l'exploitation compte payer pour 1 kg du produit de culture ou pour une espèce animale (FCFA),

$$\rho(t) \quad (118)$$

taux d'intérêt sur le capital déposé par période t ,
où pt est élément de PT , $t = 8, \dots, 13$.

Le bilan financier par période t peut-être formulé comme suit:

$$\begin{aligned} FIN(t) = & (1 + \rho(t)) * FIN(t-1) + (1 + \rho(t)/2) * (RNAE(t) - DNAE(t)) \\ & + \sum_{pt \in PT} PRV(pt) * VEN(pt, t) - \sum_{pt \in PT} PRA(pt) * ACH(pt, t) \end{aligned} \quad (119)$$

IV.3.6. Stratégie optimale.

L'objectif que nous visons à travers le modèle est la production suffisante de fumure animale en vue d'accroître la production céréalière pour la consommation des membres de "l'Exploitation Centrale". L'objectif d'une production importante de céréales pour la consommation est formulé dans le Modèle de culture comme suit:

$$\sum_{\substack{p=Pcer \\ p \neq SR}} \sum_{t=8..10} PROD'(p, t) \geq \alpha * \sum_{\substack{p=Pcer \\ p \neq SR}} \sum_{t=8..13} CON(p, t) \quad (120)$$

$$\text{où } \alpha \quad (121)$$

est la fraction de la consommation céréalière de base produite par l'exploitation;

L'objectif des paysans sahéliens a été, il y a quelques années (période de bonne pluviométrie), de produire suffisamment de céréales couvrant les besoins annuels de ses membres et de constituer des stocks de sécurité pouvant compenser les déficits, dûs aux mauvaises récoltes, de plusieurs années. Avec les difficultés que connaissent les régions sahéliennes (baisse du niveau des pluies, baisse de la fertilité des sols), les objectifs ce sont déplacés. Aujourd'hui, comme l'écrivent Maatman et Schweigman (1995), l'objectif de toute exploitation est de minimiser les déficits alimentaires, en utilisant au maximum des moyens financiers. Une des sources de ces moyens financiers est la vente de bétail. Mais nous ne considérons pas que le bétail soit exclusivement destiné à la vente. L'objectif premier que nous assignons au bétail de "l'Exploitation Centrale" est la production de fumier. Pour atteindre cet objectif, nous supposons que l'Exploitation maximise la valeur du cheptel; c'est-à-dire la valeur du nombre d'animaux (nombre d'animaux multiplié par leur prix) dont dispose l'Exploitation à la fin de la période de planification ($t=13$). Nous définissons:

$VALCHEP$ valeur du cheptel et; (122)

$$VALCHEP = \sum_{e \in E} N(e, '13') * PRV(e) \quad (123)$$

Nous rappelons que l'autosuffisance alimentaire est le premier objectif de l'Exploitation; ce qui veut dire que la production céréalière ou la disposition de céréales prime sur la disposition de bétail. Cela s'écrit dans la fonction objectif de la façon suivante: on minimise en premier lieu les déficits en nutriments dans la période t ($DEF(n,t)$ voir (30)). Si ces déficits sont minimisés, l'Exploitation tente encore de minimiser les déficits dans la période de récolte de la saison agricole prochaine ($DEFR(n)$ voir (35)). Si ces déficits sont aussi minimisés l'Exploitation maximise alors la valeur du cheptel ($VALCHEP$). Cela est formulé de la façon suivante:

Maximiser:

$$VALCHEP - \sum_{n \in N} \sum_{t=8..13} \omega(n) * DEF(n,t) - \sum_{n \in N} \omega_R(n) * DEFR(n) \quad (124)$$

où $\omega(n)$ et $\omega_R(n)$ sont des paramètres dont les valeurs choisies sont élevées pour que imposer la maximisation de $VALCHEP$ dans le cas où les déficits ($DEF(n,t)$ et $DEFR(n)$) presque sont nuls.

CONCLUSION DU CHAPITRE IV.

Indépendamment des résultats qu'on peut attendre du modèle, il est le cadre d'une réflexion profonde sur le système agricole. C'est le premier enseignement que nous tirons de cet exercice. Les autres enseignements que nous attendons du modèle concerne le niveau de ressources (résidus de culture, main-d'oeuvre) permettant d'atteindre notre objectif d'une production importante de fumier. Ce sont ces aspects que nous essayerons d'analyser dans le chapitre ci-après.

CHAPITRE CINQ: LES ENSEIGNEMENTS DU MODÈLE INTÉGRÉ.

Ce que nous attendions du modèle au moment de sa construction³⁰ c'était de nous indiquer le nombre optimal d'animaux compatible avec la disponibilité de main-d'oeuvre et assurant en même temps une production satisfaisante (optimale) pour les membres de l'Exploitation. Il a été construit à partir de l'étude des connaissances accumulées par les recherches sur le terrain (voir chapitre 1. I.2.2.) et des connaissances sur les situations passées et actuelles du milieu. Ces connaissances ont permis de formuler un modèle, qui pourtant comporte des nombreuses suppositions, soit pour simplifier les faits, soit pour répondre au manque d'information (données).

Ce chapitre analyse les résultats du calcul du modèle (voir Annexe 3) à l'aide du logiciel GAMS³¹. Nous présenterons d'abord les résultats en essayant de montrer la meilleure possibilité qu'offre le modèle d'intégrer la culture et l'élevage. Ensuite, à partir de la possibilité optimale, nous essayerons de vérifier si les postulats, conditions "préalables", de l'intégration culture-élevage sont réunies (cf.I.2.1). Enfin, nous récapitulerons les éléments que nous n'avons pas pu aborder et qui sont susceptibles d'approfondir ou d'améliorer le modèle.

³⁰ Il faut rappeler que le modèle de culture a été construit par Maatman, Schweigman et Ruijs. Nous avons ajouté le modèle d'élevage et les liens entre les deux modèles (en collaboration avec eux) pour aboutir au modèle d'intégration culture-élevage.

³¹ General Algebraic Modeling System.

V.1. PRODUCTION CÉRÉALIÈRE ET PRODUCTION ANIMALE: QUELLE POSSIBILITÉ.

Le calcul du modèle avec différents nombres de petits ruminants³² (scénarios) donne les résultats suivants:

Tableau V.1: Comparaison des productions, des consommations, des stocks et des transferts de main-d'oeuvre en fonction du nombre de petits ruminants au début de la période de planification.

	Nombre de petits ruminants au début de la période de planification (scénarios)				
	4	6	8	10	12
Production végétale total (en kg)	1642	1628	1627	1614	1539
Production céréalière (en kg)	1208	1161	1152	1105	1108
Production d'arachide, du niébé(en kg)	434	467	475	509	431
Production de fumure (en kg)	2019	2094	2126	2231	2103
Valeur du cheptel (en FCFA) à la fin de la période de planification	80260	80260	84350	93320	91905
Stock de résidus (en kg)					
t = 8 (du 1 au 30 Septembre)	1172	1253	1279	1363	1169
t = 9 (du 1 au 31 Octobre)	4943	5132	5286	5391	4771
t = 10 (du 1 au 30 Novembre)	6371	6487	6525	6670	6055
t = 11 (1 Déc. au 28 Fév.)	3197	3182	3112	3170	2867
Consommation de résidus (en kg)					
t = 11 (1 Déc. au 28 Fév.)	2842	2970	3080	3160	2878
t = 12 (1 Mars au 31 Mai)	2913	3072	3004	3060	2768
Transferts de main-d'oeuvre (en Heure)					
t = 3 (du 1 au 15 Juin)	3	0	3	0	5
t = 4 (du 16 au 30 Juin)	0	0	0	0	0
t = 5 (du 1 au 15 Juillet)	0	0	0	0	2
t = 6 (du 16 au 31 Juillet)	0	0	0	10	38
t = 7 (du 1 au 31 Août)	0	0	0	2	67

Source: Résultats du calcul du modèle en annexe 3.

³² Le nombre de gros ruminants et de volaille étant fixe.

Le tableau indique des scénarios pour les petits ruminants. Le nombre de gros ruminants, au début de la période de planification, ne varie pas dans tous les scénarios et reste égal à deux. Il en est de même pour la volaille qui reste égal à 28. Ces conditions étant fixées, le modèle donne des résultats pour les différents scénarios de petits ruminants jusqu'à 12. (le modèle devient insoluble au delà de 12).

Ce nombre, de 12 (petits ruminants), est dans les mêmes proportions que les résultats de l'ENEC (cf. Annexe 2: Tableau: A.2.1), si on multiplie ces chiffres par 10 (nombre de personnes à l'exploitation). Cependant il est inférieur aux chiffres que donnent l'équipe INERA/Nord-Ouest et Dugué qui sont de l'ordre de la vingtaine (cf. Annexe 2: Tableau: A.2.3). Le nombre que nous donne le modèle s'approche sans doute de la réalité. Du fait des activités d'élevage prises en compte (surveillance et alimentation des animaux, stockage des résidus et de la fumure) en plus des activités de culture, la main-d'oeuvre devient le facteur limitant le nombre d'animaux de l'exploitation. C'est ce qui expliquerait la limitation du nombre (initial) d'animaux à 12. Cette contrainte de main-d'oeuvre se vérifie si on regarde les transferts de main-d'oeuvre.

On remarque que lorsque le nombre de petits ruminants augmente les transferts de main-d'oeuvre (des adultes vers l'élevage) deviennent importants. Ces transferts diminuent la main-d'oeuvre consacrée aux activités de culture sur les champs communs. Avec 12 petits ruminants, les transferts sont importants en période 6 et 7 (fin Juillet et Août), c'est la période critique où il faut sarcler (enlever les mauvaises herbes, entretenir les cultures) et aussi éloigner les animaux des champs cultivés. Ces transferts ont pour but de prévenir les dégâts mais en même temps diminuent la main-d'oeuvre consacrée aux activités de sarclage. Cela expliquerait la diminution de la production végétale lorsque le cheptel devient important. Toutes les autres grandeurs (production de fumure, valeur du cheptel, stock et consommation de résidus) augmentent avec l'augmentation du cheptel jusqu'à 10 petits ruminants. Avec 12, toutes ces grandeurs ci-dessus citées diminuent. Ce qui peut s'expliquer par le fait qu'au niveau de 12 petits ruminants, deux gros ruminants et 28 volailles, la gestion et l'organisation des activités de collectes, de stockage du fumier et des résidus dans les meilleures périodes deviennent impossibles compte tenu du manque de main-d'oeuvre. En ce moment, tout le système d'organisation de la production (culture, élevage) devient moins performant.

En comparant tous les scénarios, des résultats optimaux sont obtenus avec le nombre de 10 petits ruminants (nombre au début de la période de planification). Bien que la production végétale soit inférieure de 13 kg (1627-1614) en comparaison avec celle obtenue avec 8 petits ruminants et des transferts de 9 heures (12-3), la valeur additionnelle du cheptel est de 8970 FCFA (93320-84350) et celle de la fumure est de 105 kg (2231-2126).

On peut estimer la valeur de la fumure et des transferts de main-d'oeuvre en considérant les prix de référence (Shadow prices) que donne le modèle (cf. Tableau V.2 ci-dessous). Pour la fumure on trouve 1680 (16*105) FCFA et pour la main-d'oeuvre, on trouve 765 (9*85) FCFA. On peut conclure que le modèle donne des valeurs optimales pour un cheptel comprenant 10 petits ruminants au début de la période de planification, deux gros ruminants et vingt huit volailles.

Les prix de référence correspondent aux valeurs marginales de la production dans la théorie économique, ce sont les valeurs de la fonction objectif que rapporte une unité additionnelle d'un facteur fixe. Les prix de référence de la fumure et de la main-d'oeuvre sont respectivement les prix que l'exploitation est prête à payer pour obtenir un kilogramme additionnel de fumure et une heure additionnelle de main-d'oeuvre.

Les prix de référence de la main-d'oeuvre sur les champs communs pour toutes les activités sont nettement supérieurs (sauf en période 7) à ceux que donne le modèle de culture (40 pour t=4, 66 pour t=5, 46 pour t=6 et 20 pour t=7). Cela peut s'expliquer par le fait qu'avec les activités d'élevage, qui s'ajoutent aux activités de culture, la main-d'oeuvre devient rare (contraignante) et sa valeur devient importante.

Tableau:V.2: Prix de référence de la main-d'oeuvre de la fumure dans le modèle.

Ressources	Prix de référence pour le scénario de 8 petits ruminants				Prix de référence pour le scénario avec 10 petits ruminants			
	t=4	t=5	t=6	t=7	t=4	t=5	t=6	t=7
Fumure (en FCFA/kg)	16				16			
Période (t)	t=4	t=5	t=6	t=7	t=4	t=5	t=6	t=7
Main-d'oeuvre sur les champs communs(en FCFA/Hre):								
-Pour toutes les activités	75	145	84	13	75	146	85	15
-pour les semis	0	12	0	0	0	0	0	9
Main-d'oeuvre pour l'élevage	0	0	0	0	0	0	139	15

Source: Résultats du calcul du modèle en annexe 3.

V.2. PRODUCTION ET CONSOMMATION DE L'EXPLOITATION

Il s'agit de voir si la production de l'exploitation est entièrement consommée ou vendue. Nous nous intéresserons à la production végétale en comparant nos résultats avec ceux du modèle de culture. Nous essayerons de voir aussi les stratégies d'achats et de ventes (produits végétaux et animaux).

V.2.1: Production et consommation de produits végétaux.

La production végétale totale de "l'Exploitation Centrale" atteint 1614 kg avec un niveau de cheptel de 10 petits ruminants, 2 gros ruminants et 28 volailles au début de la période de planification. La consommation totale est de 1756 kg. La production et la consommation pour les différents produits de l'Exploitation Centrale en fonction des périodes sont comme suit:

Tableau V.3: Production et Consommation par produit de l'Exploitation Centrale (en kg) en fonction des périodes.

Périodes (t)	t=8	t=9	t=10	t=11	t=12	t=13	Total
Production (PROD)							
- Maïs (MA)	123	41	0				164
- Sorgho Rouge (SR)	0	87	87				174
- Sorgho Blanc (SB)	0	107	107				214
- Mil (MI)	0	277	276				553
Total Céréale							1105
- Arachide (AR)	158	320	0				478
- Niébé (NB)	15	16	0				31
Total							1614
Consommation (CON)							
- Maïs (MA)	118	39	0	0	0	0	157
- Sorgho Rouge (SR)	7	8	9	50	50	25	149
- Sorgho Blanc (SB)	0	0	0	0	0	0	0
- Mil (MI)	0	82	122	325	351	466	1346
Total Céréale							1652
- Arachide (AR)	7	13	13	36	24	0	93
- Niébé (NB)	11	0	0	0	0	0	11
Total							1756

Source: Résultats du calcul du modèle en annexe 3.

Les résultats du modèle confirment le faible niveau de la production dans la zone sahélo-soudanienne du Burkina Faso. Le niveau de production dans le modèle intégré est sensiblement le même que dans le modèle culture (1614 contre 1631 kg). Ce résultat est plausible, puisqu'avec 10 petits et 2 gros ruminants, nous obtenons sensiblement la même quantité de fumure utilisée (2231 contre 2000 kg). La main-d'oeuvre pour la culture ne change pas grandement, compte tenu du fait que les activités d'élevage sont exécutées par la main-d'oeuvre des enfants qui n'était prise en compte dans le modèle de culture. Les transferts de main-d'oeuvre ne sont pas aussi importants (9 heures).

La production céréalière (maïs, sorgho blanc et rouge, mil) est de 1105 kg. Elle est inférieure à celle obtenue dans le modèle de culture (1322 kg). Par contre, la production des légumineuses (arachide et niébé) a augmenté de 200 kg (509 kg contre 309 kg).

L'explication peut être la suivante: les résidus des légumineuses ont une grande valeur fourragère, ce sont les résidus les plus stockés par les paysans et qui sont aussi vendus sur les marchés à bétail. Avec le système de l'intégration (culture-élevage), ces résidus prennent encore plus d'importance au niveau de l'exploitation en ce qui concerne l'alimentation des animaux. L'augmentation de cette production s'explique par le souci d'avoir aussi plus de fourrage de meilleure qualité pour l'alimentation des animaux en saison sèche.

Une autre grande différence avec le modèle de culture se situe au niveau de la production de sorgho blanc. En effet, dans le modèle de culture le sorgho blanc n'est pas cultivé, par contre dans le modèle intégré, la production atteint 214 kg. Mais cette production n'est pas consommée, elle est vendue (voir paragraphe suivant). La raison avancée par Maatman, A. et al. (1996), pour expliquer l'absence de la culture du sorgho blanc est les pertes de valeurs nutritives importantes enregistrées lors de sa préparation. Il n'est donc pas avantageux, en considérant les valeurs nutritives que rapporte chaque produit, de produire du sorgho blanc.

Les résultats du modèle de culture indiquent aussi qu'il est souhaitable de consommer de l'arachide qui comporte une grande valeur énergétique que de la vendre. Ces différents aspects sont les résultats de l'analyse normative, ce qu'il est souhaitable de faire. Les résultats du modèle intégré ne contredisent pas les résultats du modèle de culture. En effet, la culture du sorgho blanc devient avantageux dans la production de résidus. La preuve est que la quantité de sorgho blanc produite est entièrement vendue au profit de la consommation de l'arachide, qui est normalement un produit de rente (produit pour la vente).

En comparant les niveaux de production (1614 kg) et de consommation (1756 kg), on se rend compte que l'Exploitation est en déficit (niveau de consommation supérieur au niveau de production). Ce résultat est conforme à la réalité de la zone sahélo-soudannienne et en particulier au Plateau Central. Le niveau du déficit, trouvé dans le modèle, est environ 9%. Il est probable qu'une grande partie des déficits soient couverts par les achats de céréales.

V.2.2. Les ventes et les achats.

Les produits vendus sont le sorgho blanc (206 kg), l'arachide (274 kg) et le niébé 16 kg. Les autres produits, maïs, sorgho rouge et mil ne sont pas vendus. Ces produits ne sont pas vendus, sans doute à cause de leur importance dans le régime alimentaire des exploitations.

Les achats se limitent au mil (1254 kg dont 351 en période 12 et 903 en période 13) et au sorgho rouge (8 kg en période 8). Quant aux produits animaux, certains résultats nous semblent conformes aux pratiques courantes. En effet, les ventes s'effectuent en période 8, 12 et 13. Ce qui correspond à des achats de céréales comme indiqué dans la littérature. Les achats se limitent, aussi, aux petits ruminants femelles de plus de 2 ans. Mais les nombres absolus, des ventes et des achats, nous semblent trop élevés par rapport aux pratiques courantes. Cela est lié aux paramètres tels que le taux de mortalité, le taux de reproduction, les achats, les ventes et à la période de planification considérée. Ces paramètres varient sur de courtes périodes et déterminent les niveaux de production (cf. Tableau V.3, partie produits animaux).

Cependant, il est intéressant en ce qui concerne la production animale de voir que les stratégies obtenues avec le modèle sont conformes aux pratiques.

Les stocks de produits à la fin de la période de planification (période 13) se limite au sorgho rouge (25 kg) et au mil (433 kg). En faisant le bilan, en termes de kilogramme, des achats (1262 kg), des ventes (206 kg) et des stocks (458 kg) de céréales, on obtient un apport extérieur de 598 kg (1262-206-458). En ajoutant cette quantité à la production céréalière (1105 kg), nous devons en principe trouver la quantité disponible pour la consommation en céréale de l'exploitation. La quantité trouvée est de 1703 kg (1105+598). La différence avec la consommation céréalière donnée directement par le modèle (1652 kg), s'explique par les pertes de stockage (voir tableau V.2).

Le déficit céréalier (production moins consommation) se chiffre à 547 kg. Ce déficit représente le montant des achats de céréales. Il se chiffre, en pourcentage, à environ 50% de la production.

La différence avec les 9% du paragraphe précédent s'explique par la faible quantité de légumineuses consommées. En effet, la quantité produite est importante, mais la proportion consommée est faible. Une grande partie est vendue (arachide 57%, niébé 52%).

Tableau V.4: Achat et Vente de produits et production animale.

Périodes (t)	t=7	t=8	t=9	t=10	t=11	t=12	t=13
PRODUITS VÉGÉTAUX							
<u>Vente (en kg)</u>							
-Sorgho blanc (SB)					206		
-Arachide (AR)					274		
-Niébé (NB)					16		
<u>Achats (en kg)</u>							
-Mil (MI)						351	903
-Sorgho Rouge (SR)		8					
PRODUITS ANIMAUX							
<u>Production (en unité)</u>							
-P.R.M. 0-1 an (e7)	3	0	0	1	2	0	0
-P.R.M. 1-2 ans (e8)	1	0	0	0	0	0	0
-P.R.M. 2 ans et+(e9)	1	0	0	0	0	0	0
-P.R.F. 0-1 an (e10)	3	0	0	1	2	0	0
-P.R.F. 1-2 ans (e11)	1	0	0	0	0	0	0
-P.R.F. 2 ans et+(e12)	4	4	4	4	27	26	6
-Petite volaille (e13)	17	18	19	20	29	42	62
-volaille adulte (e14)	5	6	7	7	11	17	0
<u>Ventes (en unité)</u>							
-P.R.M. 0-1 an (e7)		3				9	8
-P.R.M. 1-2 ans (e8)		1				1	0
-P.R.M. 2 ans et+(e9)		1				0	0
-P.R.F. 0-1 an (e10)		3				9	8
-P.R.F. 1-2 ans (e11)		2				1	0
-P.R.F. 2 ans et+(e12)		0				0	20
-Petite volaille (e13)		0				0	0
-volaille adulte (e14)		0				0	27
<u>Achats (en Unité)</u>							
-P.R.F. 2 ans et+(e12)					23		

Note: P.R.M.=Petits Ruminants Mâles; P.R.F.=Petits Ruminants Femelles.

Source: Résultats du calcul du modèle en annexe 3.

En comparant la production et les ventes, on observe que 31% de la production totale est vendue (voir tableau V.4, ci-dessous). Si on ne tient pas compte des légumineuses, la proportion de la production céréalière vendue est de 19%. Cette proportion est relative aux ventes de sorgho blanc (c'est seulement le sorgho blanc qui est vendu).

Tableau V.5: Production, vente et proportion des ventes de produits végétaux.

Produits	MA	SR	SB	MI	AR	NB	P.C.T	T.P.
Production (en kg)	164	174	214	553	478	31	1105	1614
Vente (en kg)	0	0	206	0	274	16	206	496
% des ventes			96		57	52	19	31

Note: MA=Mais, SR=Sorgho Rouge, SB=Sorgho Blanc, MI-Mil, AR=Arachide, Nb=Niébé

Source: Résultats du calcul du modèle en annexe 3.

On se rend compte qu'à part le sorgho blanc, qui n'est pas consommé, les autres céréales qui sont effectivement consommés ne sont pas vendus.

On peut conclure, si on considère les produits de base (céréales), que les paysans produisent essentiellement pour la consommation. C'est ce qui justifie la thèse de l'intégration culture-élevage.

Une analyse de sensibilité avec deux scénarios de prix (prix élevés et prix bas) montre que: lorsque les prix du bétail sont élevés³³, la production de fumure augmente. La production céréalière augmente aussi, mais cette augmentation est le résultat de l'augmentation de la production du sorgho blanc.

³³ Une augmentation de 25% par rapport au prix du tableau IV.2. Chapitre quatre.

Tableau V.6: Comparaison de l'effet prix sur les productions (végétales et de fumure).

Scénarios de prix.	Prix bas	Prix élevés
Maïs (en kg)	164	172
Sorgho Rouge (en kg)	174	175
Sorgho Blanc (en kg)	214	235
Mil (en kg)	553	551
Arachide (en kg)	478	461
Niébé (en kg)	31	30
Total Céréale:	1105	1133
Total arachide et niébé:	509	491
Total céréales + arachide et niébé:	1614	1624
Production de fumure (en kg)	2231	2276

Source: Résultats du calcul du modèle en annexe 3.

La production du maïs augmente aussi, sans doute à cause de l'augmentation de la production de fumure (la production du maïs exige beaucoup de fumure). Par contre, la production de l'arachide diminue. Cela peut vouloir dire qu'avec l'augmentation des prix, l'exploitation pourrait acheter les sous-produits agro-industriels qui compenseraient celle de l'arachide. On note, globalement, que la production végétale augmente.

On peut admettre que les conditions d'achats et de ventes (prix rémunérateurs, offre et demande satisfaites) déterminent la production (animale). Si ces conditions sont remplies, la production animale s'améliorera (amélioration des paramètres zootechniques) et permettra une augmentation de la disponibilité de fumure qui créera sans doute les possibilités d'une plus grande intensification.

La disponibilité d'un grand nombre d'animaux accroît la main-d'oeuvre consacrée à l'élevage. Mais cela est fonction du système d'élevage. Avec un stock important de fourrage permettant la stabulation des animaux, la main-d'oeuvre consacrée à l'élevage se réduirait. Il est aussi probable qu'avec une grande quantité de fumure, les superficies cultivées diminuent. De ce fait des systèmes plus intensifs se mettront en place.

Les résultats de l'analyse de sensibilité (avec les prix) indiquent qu'un des grands problèmes est le système de commercialisation. Tant que le système de commercialisation ne s'améliorera pas profondément, les stratégies d'achats et de ventes des exploitations seront conformes à des stratégies de survie. Cette amélioration pourrait se faire par la création de structures de commercialisation, avec des prix favorables pour les producteurs.

Le modèle tel que développé et présenté au chapitre quatre (4) donne déjà des résultats intéressants. Mais il comporte de nombreuses omissions et simplifications qui, si elles sont prises en compte permettront d'approfondir la pertinence du modèle.

V.3. DES ÉLÉMENTS POUR APPROFONDIR OU AMÉLIORER LE MODÈLE

Le modèle peut être approfondi en prenant en compte la culture fourragère et l'eau (V.3.1). Il peut aussi être amélioré en spécifiant (individuellement) les espèces (V.3.2).

V.3.1. Données sur le fourrage et l'eau.

Nous avons signalé dans le chapitre quatre les difficultés liées à l'estimation d'une certaine quantité d'eau attribuable à l'exploitation. Il est important, si l'on veut vraiment améliorer le modèle et savoir le niveau exact du cheptel, d'inclure une contrainte sur l'eau parce qu'elle constitue une limite importante à l'élevage pendant la saison sèche. Nous avons aussi signalé les mêmes difficultés pour le fourrage des pâturages. Mais nous ne militons pas pour une utilisation des pâturages pour l'alimentation des animaux, pour la simple raison qu'elle constitue une importante source de dégradation de la végétation, et d'érosion des sols. A la place du fourrage des pâturages, on pourrait inclure la culture fourragère dans le modèle en lui associant un type de sol. L'amélioration du modèle dans ce sens peut se faire en tenant compte de la valeur alimentaire des fourrages (protéines, matières azotées digestibles) et des besoins en protéines et calories des animaux.

Des possibilités existent au niveau de l'utilisation des sous-produits agro-alimentaires pour l'alimentation des animaux; mais des difficultés subsistent pour certaines exploitations pour accéder à ces produits (approvisionnement, pouvoir d'achat). Au-delà de ces difficultés, son introduction dans le modèle suppose la prise en compte des achats d'intrants par l'Exploitation.

V.3.2. Données sur les espèces.

Le biais majeur que nous avons peut-être introduit dans le modèle est d'avoir considéré les asins (les ânes) comme des gros ruminants.

Cela peut se justifier, premièrement, par le fait qu'un modèle est une simplification de la réalité et deuxième par les données dont on dispose. Il est très rare, à notre connaissance, de trouver des paramètres zootechniques sur les ânes (taux de mortalité, taux reproduction, taux de d'exploitation). Cette difficulté nous a conduit à associer les bovins et les asins dans la catégorie des gros ruminants et à leur appliquer les paramètres zootechniques des bovins. La prise en compte de l'âne dans le modèle se justifie par son importance en matière de transport. La réussite de l'intégration culture-élevage dépend aussi de la disposition d'une charrette pour ramasser les résidus de culture et la fumure. La nécessité d'un bovin se justifie aussi en tenant compte de la traction. Ces raisons ont justifié le fait que les gros ruminants soient fixés dans les différents scénarios que nous avons exécutés. Il a été de même pour la volaille. La volaille est utile en considérant la trésorerie des exploitations. Elle est l'élément le plus liquide, facilement monnayable, dont dispose les exploitations. Leur importance dans le modèle se justifie à ce niveau.

CONCLUSION DU CHAPITRE V

Les résultats du modèle sont assez satisfaisants. D'autres sont conformes aux réalités du milieu. Ce sont par exemple, la production et la consommation des produits céréaliers, la concurrence en main-d'oeuvre, les stratégies d'achat et de vente de produits végétaux et animaux.

D'autres pourtant, s'écartent de la réalité. Ce sont la culture de certains produits uniquement pour les résidus. C'est le cas du sorgho blanc et l'augmentation de la production de l'arachide, aussi pour les résidus. Ces résultats montrent ce qu'il est souhaitable de faire pour vraiment intégrer la culture et l'élevage.

Les prix des animaux ont aussi un effet positif sur la dynamique du système. Ils permettent de faire passer, si certaines conditions sont réunies (système efficace de commercialisation), d'un système avec de "grandes" superficies et un petit nombre d'animaux (donc peu de fumure) à un système avec des superficies réduites et un nombre important d'animaux (donc beaucoup de fumure). Les systèmes deviendront en ce moment très intensifs et on pourra espérer une agriculture soutenable et durable.

CHAPITRE SIX: L'ARACHIDE ET LE SORGHO BLANC, LIENS FONDAMENTAUX DE L'INTÉGRATION: EN GUISE DE CONCLUSION

La problématique de l'intégration culture-élevage part des constats suivants:

1/ ces dernières décennies (depuis la sécheresse des années '70), les problèmes de sécheresse, de dégradation des ressources naturelles (terres, eaux, végétation) reviennent le plus souvent dans la littérature. Les facteurs mis en cause sont la pression démographique (humaine et animale) sur les terres (baisse de la fertilité des sols), et sur la végétation (disparition de certaines espèces d'arbres, diminution de la quantité fourragère);

2/ Les structures³⁴ supposées fournir les intrants nécessaires à la fertilisation des sols ne fonctionnent pas; et l'accès à ces intrants est difficile à cause de la situation économique et financière des exploitations.

Il faut trouver d'autres moyens, compte tenu du fait qu'une solution immédiate n'est pas envisageable au niveau de la modification des structures et de la situation économique des exploitations.

³⁴ Les structures du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales (CRPA), les structures privées (Agri-service Plus, Hall de l'Agriculture, Consortium des Produits Chimiques), sont chargées respectivement de la vulgarisation et de la distribution des engrais chimiques aux paysans. Dans la zone cotonnière, la Société Burkinabè des Fibres Textiles (SOFITEX), et dans la zone sucrière, la Société Sucrière de la Comoé (SOSUCO), sont aussi chargées d'approvisionner les paysans de ces zones. Le commerce du coton et de la canne à sucre permet à ces paysans d'acheter l'engrais (par des systèmes de crédit). Dans les zones à culture vivrière un tel système n'est pas fonctionnel.

La solution d'intégrer la culture et l'élevage est basée sur le fait que les exploitations (cultivateurs) possèdent en majorité des animaux qu'ils élèvent à côté de la culture qu'elles pratiquent comme activité principale. Les animaux comme producteurs de fumier n'a pas toujours été un objectif prioritaire dans le système d'élevage des exploitations. Il s'agit d'accorder, dans le système de l'intégration de la culture et de l'élevage, une attention à la production du fumier pour la fertilisation des champs. Si cela s'avère simple pourquoi les cultivateurs ne le font pas (ou pas bien)? Pour répondre à cette question, nous sommes parti de trois questions spécifiques:

1/ pourquoi l'intégration de la culture et de l'élevage a été longtemps négligée?

2/ pourquoi l'intégration culture-élevage pourrait être une solution?

3/ si oui, quelles sont les voies d'une meilleure intégration entre ces deux activités?

Ce chapitre, en guise de conclusion générale, a pour but d'abord d'exposer les grandes leçons de l'étude, ensuite de donner quelques implications en termes de politiques en se basant sur les résultats du modèle, enfin de faire quelques observations.

VI.1: LES LEÇONS DE L'ÉTUDE

Cette partie traite des réponses essentielles aux questions ci-dessus.

VI.1.1: Pourquoi l'intégration culture-élevage a été longtemps négligée?

L'analyse des étapes de l'évolution des systèmes de production montre que lorsque la densité de population est faible, le moyen le plus facile de régénérer les sols est la jachère. La durée de la jachère peut être très longue (10 à 20 ans). En ce moment, l'environnement est préservé, les pâturages sont étendus et disponibles. L'élevage extensif est la méthode des éleveurs d'où ils tirent leur subsistance.

Les cultivateurs et les éleveurs peuvent vivre sans échanger de produits. La culture et l'élevage peut ne pas avoir de rapports.

En revanche, lorsque les superficies cultivables (par habitant) se réduisent, suite à l'augmentation de la population, la jachère tend à ne plus être pratiquée et les pâturages tendent à se rétrécir. L'environnement se dégrade, l'écosystème se modifie, les sécheresses apparaissent, les isohyètes se déplacent (vers le sud). La première modification des comportements a été le développement des rapports d'échanges. Les cultivateurs échangeaient les résidus de culture laissés sur les champs contre la fumure des éleveurs (contrat de fumure). Cela se concrétisait par le parage des animaux des éleveurs sur les champs des cultivateurs. La deuxième modification des comportements s'est produite avec la dégradation avancée de l'environnement et l'apparition fréquente des sécheresses causant la mort d'une grande partie du troupeau des éleveurs. Ils ne peuvent plus vivre du seul produit de l'élevage ; ils ont commencé à se sédentariser et à associer la culture à l'élevage. Les cultivateurs, suite au changement de comportement des éleveurs, cherchent à produire la fumure à partir de l'élevage qu'ils pratiquent eux-mêmes. Les prémices de l'intégration commencent en ce moment.

VI.1.2: Pourquoi l'intégration pourrait être une solution?

Les politiques en matière d'agriculture ont toujours encouragé l'utilisation de la traction animale et des engrais chimiques. Mais ces efforts (réussis) ont surtout concernés les zones favorables aux cultures de rente d'exportation telles que le coton. Les autres zones vouées à la production vivrière telles le Nord et le Centre ont été marginalisées. Les structures de distribution des engrais chimiques n'ont pas été développées dans ces zones. Par conséquent, les cultivateurs accèdent difficilement aux intrants tels que les engrais, les pesticides, la mécanisation. Les coûts de ces intrants, le manque de moyens de transports, la maîtrise des techniques sont les obstacles à l'utilisation de ces techniques.

Dans ces conditions l'élevage apparait comme la solution au problème d'engrais dans les régions où la culture et l'élevage sont possibles. Telle est la réponse à la deuxième question issue des premières constatations. Une réponse approfondie exige que d'autres conditions soient définies sur la zone d'étude en rapport avec son niveau de développement économique.

Pour cela, la région identifiée est la zone Sahélo-Soudanienne avec 600 à 800 mm de pluie par an. On peut remarquer que dans les zones désertiques à pluviométrie inférieure à 400 mm par an l'intégration culture élevage n'est pas possible compte tenu du fait que la culture n'est presque pas possible. Aussi, dans les régions humides à pluviométrie annuelle supérieure à 1000 mm, il faut des moyens sanitaires pour éviter la mortalité des animaux. Ces conditions sont nécessaires, mais elles ne sont pas suffisantes. Car dans les régions désertiques, l'intégration pourrait être possible au moyen d'un système d'irrigation.

La condition suffisante est liée au niveau de développement générale du pays ou de la région. En particulier, le développement des infrastructures de communication, permettant aux producteurs d'accéder aux marchés. L'existence de routes, de bonnes pistes facilitant l'accès aux marchés influencent le comportement du producteur. Cette condition a permis d'identifier le type d'agent susceptible d'adopter ce système.

Cet agent est celui qui est situé dans un environnement (isolé) où, les moyens de transports (voies de communication, moyens de communication) sont faiblement développés et par conséquent l'accès au marché reste difficile. Cet agent est obligé d'intégrer les décisions de production et de consommation. Il est obligé de produire à la fois les produits végétaux pour sa propre consommation et la fumure pour sa production. Les deux systèmes de production sont supposées s'entretenir par l'utilisation des résidus de culture pour l'alimentation des animaux et l'utilisation de la fumure pour la fertilisation des champs. Ce qui définit l'intégration culture-élevage.

VI.1.3: Quelles sont les meilleures possibilités d'intégrer la culture et l'élevage?

L'intégration de la culture et de l'élevage pourrait suivre plusieurs étapes. Le processus qui conduit à l'intégration est l'interaction, qui a été définie (voir chapitre 2) comme l'échange de produits (résidus de culture contre fumure animale, céréale contre lait) entre deux exploitations (cultivateur de métier, éleveur de métier). Dans le cas de l'intégration, tout pourrait se passer, dès les premières étapes, au sein d'une même exploitation. Les étapes de l'intégration sont fonctions de l'évolution du système d'élevage (au sein de l'exploitation) et aussi du système de culture.

La première étape pourrait se baser sur un système d'élevage semi-extensif, utilisant le fourrage des pâturages et des résidus de culture. Le modèle que nous avons développé se situe à cette étape³⁵. Il est basé sur les objectifs, les stratégies et les techniques de production des exploitations. Ces objectifs, stratégies et techniques sont fondés sur les contraintes naturelles, économiques (niveau de revenu), institutionnelles (règles ou accord sur l'utilisation des terres, des pâturages) et sociale (obligations communautaires, réciprocité), du milieu de l'exploitation.

a/ Les conditions climatiques et les caractéristiques des sols influencent les stratégies de production de l'exploitation. Elles déterminent le système de culture (variétés cultivées, technique de culture). Le statut de la terre (droit d'usage), ses caractéristiques (terres hautes, terres basses), sa situation (champs de case, champs de brousse), sa destination (champs communs, champs individuels) déterminent les types de culture et de gestion (quantité de fumure appliquée, type de sarclage: intensif, extensif).

b/ Le système d'élevage est défini par rapport au rôle que joue l'animal dans le système de production de l'exploitation (accumulation de richesse, épargne, assurance contre les risques de la production céréalières) et au système de gestion des pâturages (accès libre).

³⁵ Les autres étapes sont présentées dans la troisième partie de ce chapitre: Quelques observations finales.

Il détermine les paramètres zootechniques (taux de mortalité, de reproduction) et le régime alimentaire des animaux (utilisation du fourrages des pâturage de Juin à Novembre, les résidus de culture de Décembre à Mai).

c/ Les contraintes socio-économiques des exploitations (niveau d'éducation, formation, revenu) entravent l'acquisition et l'utilisation rationnelle des techniques.

Ainsi, la notion de capital, des coûts de production ne sont intégrés dans la stratégie de production de l'exploitation. On suppose qu'elle utilise la main-d'oeuvre des adultes pour la culture, avec un transfert vers l'élevage au moment des risques de dégâts et la main-d'oeuvre des enfants pour l'élevage.

La meilleure possibilité d'intégrer la culture et l'élevage tient compte de ce qui est réalisable selon les contraintes. Le résultat essentiel de ce modèle est que les résidus de l'arachide et du sorgho blanc peuvent être les éléments fondamentaux de l'intégration.

VI.2: L'ARACHIDE ET LE SORGHO BLANC, LIENS FONDAMENTAUX DE L'INTÉGRATION CULTURE-ÉLEVAGE ET LES IMPLICATIONS EN TERMES DE POLITIQUES.

Les résultats du calcul du modèle indiquent des pistes très intéressantes quant à ce qu'il faut faire pour que l'intégration de la culture et de l'élevage devienne une réalité. Cela concerne la production de fourrage pour l'alimentation des animaux. Cette production est obtenue à travers l'augmentation de la production de l'arachide et de la production du sorgho blanc. Par la pratique des exploitations, les résidus (fanés) de l'arachide sont les fourrages les plus stockés et utilisés pour l'alimentation des animaux.

Les résultats du modèle confirment cela et vont plus loin pour indiquer que la production du sorgho blanc³⁶ pourrait augmenter la disponibilité de fourrage en plus de celle du mil, du sorgho rouge, de l'arachide et du niébé. Toutes choses égales par ailleurs, le fourrage pour animaux demeure la principale contrainte (au regard des éléments pris en compte) de la production animale. On peut supposer, en partant de ce résultat, que si la quantité de fourrage stockée est suffisante pour l'alimentation, le système de stabulation se développerait.

À l'état actuel du modèle (surtout le système d'élevage et le régime alimentaire considérés), la production de fumure obtenue se chiffre à environ deux tonnes. Cette production n'est pas suffisante pour enclencher un système véritablement intensif (surface cultivée réduite, grande quantité de fumure). Tous les résultats (production céréalière, stratégie d'achat et vente) se situent au niveau de ce qui est actuellement observé sur le terrain³⁷. Malgré cela, le modèle nous indique en fonction des éléments pris en compte, qu'il est possible d'améliorer les conditions de production des exploitations.

Les implications en termes de politiques.

L'amélioration des conditions de production des exploitations par l'intégration de la culture et de l'élevage vise trois objectifs:

- 1/ améliorer la situation alimentaire par l'augmentation de la production (surtout céréalière);
- 2/ améliorer la production animale;
- 3/ sauvegarder l'environnement.

³⁶ Rappelons que dans les résultats du calcul du modèle de culture, le sorgho rouge ne figurait pas. L'explication donnée par Maatman et al., 1995 est que la production du sorgho rouge n'est pas avantageuse au regard des pertes en valeurs nutritives occasionnées lors de sa préparation. Dans le modèle intégré, cette production figure mais elle est entièrement vendue. Ce qui reste de cette production à l'exploitation est les résidus.

³⁷ c'était aussi l'un de nos objectifs: aller étape par étape dans la construction du modèle pour comprendre et maîtriser le processus.

Les implications en termes de politiques iront dans le sens de ces objectifs en s'appuyant sur les résultats du calcul du modèle.

(1) De la sécurité alimentaire. Une exploitation dont les membres sont mal nourris, se trouvant dans une situation de crise alimentaire permanente, a moins d'engouement à entreprendre des travaux exigeant beaucoup d'efforts physiques et dont les retombées ne sont pas immédiates. La recherche de l'équilibre alimentaire peut être l'une des premières priorités. Les résultats du modèle de culture indique qu'il est préférable de consommer de l'arachide au lieu du sorgho blanc. L'arachide a une grande valeur énergétique par rapport au sorgho blanc. Ce résultat montre qu'il est possible de résoudre le problème alimentaire en changeant les habitudes de consommation. Il est donc possible de réserver l'arachide pour la consommation et de vendre par exemple le sorgho blanc.

(2) De l'incertitude sur la production (ou les rendements). La production est largement influencée par les conditions climatiques (précipitation, conditions de sol). Ces conditions climatiques défavorables d'aujourd'hui, s'expliquent aussi par l'action de l'homme et de l'animal sur le milieu: exploiter les ressources naturelles jusqu'à la limite à laquelle elles ne peuvent plus se reconstituer conduit aux phénomènes: d'érosion, de baisse de la fertilité des sols, de la disparition de certaines espèces d'arbres dont les conséquences lointaines sont la baisse du niveau des pluies et niveau des nappes phréatiques.

Pour réduire l'effet de l'animal sur le milieu, les résultats du modèle indiquent qu'il faut accroître la production de l'arachide pour obtenir du fourrage de bonne qualité et aussi d'introduire la culture fourragère (c'est ce qu'indique l'apparition du sorgho blanc dans les résultats). On peut recommander d'encourager les exploitations à introduire la culture fourragère dans leur système de culture.

La promotion des sous-produits agro-industriels ou l'amélioration de la qualité des fourrages par le traitement à l'urée peut contribuer à résoudre le problème de la dégradation de l'environnement. Une meilleure alimentation des animaux permettra d'améliorer les paramètres zootechniques (baisse du taux de mortalité, augmentation du taux de fécondité) et d'accroître la production de fumier qui permettra (s'il est bien utilisé) d'accroître la production végétale.

(3) Des infrastructures. L'amélioration des voies et des moyens de communication ainsi que des circuits de commercialisation et de distribution favorisera l'accroissement et à l'amélioration de tout le système de production (animale que végétale). En ce qui concerne la production animale, cela pourrait se faire par la création d'un système d'achat de bétail aux producteurs avec des prix qui leur sont favorables. La mise en place d'une structure comme la Société des Fibres Textiles (SOFITEX) pour le bétail, permettrait de développer la production animale par l'amélioration des paramètres zootechniques, l'alimentation et la production de fumier. Le résultat que nous avons obtenu avec l'analyse de sensibilité indique cela. Une augmentation des prix du bétail au producteur aura un effet positif sur tout le système de production.

Améliorer les moyens de transports et les circuits de commerce de bétail sont les actions majeures pour encourager les exploitations à améliorer leur système de production animale.

VI.3. QUELQUES OBSERVATIONS POUR TERMINER.

Les observations formulées ici sont inspirées de l'étude, qui nous donne une certaine vision du processus de l'intégration. Nous avons dit qu'elle peut suivre plusieurs étapes. La première est celle sur laquelle le modèle est construit. La deuxième, pourrait se baser sur un système d'élevage intensif utilisant les résidus de culture et des sous-produits agro-industriels, conduisant à un système de stabulation des animaux. Ce qui suppose que le système de culture devienne aussi intensif, avec des rendements (en grain et en résidus) élevés. La troisième étape pourrait débiter par des excédents de produits (soit en fumure, soit en résidus de culture) conduisant l'exploitation à se spécialiser dans la production (culture ou élevage) où elle a un avantage comparatif.

A ce stade, des marchés de résidus de culture et de fumure animale naîtront permettant aux exploitations spécialisées de s'approvisionner soit en fumure animale (pour celles spécialisées dans la culture) soit en résidus de culture (pour celles spécialisées dans la production animale). On peut penser qu'en ce moment là, les infrastructures (de transports, de commerce) se seraient développées permettant l'échange entre exploitations et l'écoulement, à moindre coût, vers les centres urbains des excédents de produits végétaux (céréales) et animaux (viande, lait, oeufs). Les deux systèmes de production se développeront parfaitement.

On peut admettre que la dégradation des terres, des pâturages et en général de l'environnement ne sont pas directement liées à l'accroissement démographique. Il est d'ailleurs reconnu que l'accroissement de la population augmente la dimension des marchés et incite les producteurs à améliorer leurs techniques de production (voir chapitre 1) ou à investir davantage. Il faut donc, que l'accroissement démographique s'accompagne d'une transformation des structures et des institutions (traditionnelles).

Dans notre cas du Plateau Central, l'accroissement de la population conduit à une surexploitation des ressources naturelles. Ce problème est lié au système de gestion des ressources naturelles. Le système actuel de gestion des pâturages permet aux éleveurs (de métier) d'obtenir des externalités³⁸ positives et de livrer les produits animaux à moindre coût. Le coût social qui pourrait se définir comme les coûts (taxes) à l'accès des pâturages et de l'eau ne sont pas intégrés dans les coûts de production. La compétitivité des produits animaux burkinabès sur les marchés ivoiriens et ghanéens est sans doute due à cela.

³⁸ L'externalité est un effet indirect d'une activité économique sur une fonction de production ou de consommation. L'externalité est créée par un autre agent que celui qui en est affecté et qu'elle n'agit pas par l'intermédiaire des prix. Elle est négative lorsqu'elle réduit le gain et positive lorsqu'elle l'augmente. Ici, c'est la méthode extensive d'élevage des éleveurs, la divagation des animaux, qui affecte les possibilités de production des cultivateurs.

Par contre, ce système impose des externalités négatives à tout agent soucieux d'investir dans l'amélioration des terres ou la conservation de la nature. Prenons par exemple un cultivateur (de métier) A, soucieux de planter des arbres ou de faire du jardinage pendant la saison sèche. Il est obligé de protéger ses arbres ou son jardin en faisant une clôture pour empêcher les animaux de l'éleveur B de les détruire. La clôture exige du temps, soit pour collecter les matériaux, soit de l'argent pour acheter les matériaux. Ces éléments constituent des coûts supplémentaires que le cultivateur A supporte à cause de la pratique d'élevage de l'éleveur B. Nous avons abordé ces aspects au chapitre 2 à travers la gestion des pâturages et des conflits. Dans le modèle cela apparaît au niveau des transferts de main-d'oeuvre des adultes vers l'élevage pour éloigner les animaux des champs cultivés. Ces transferts diminuent la main-d'oeuvre consacrée aux activités de culture et sans doute la production végétale.

Les externalités négatives que supportent les producteurs (cultivateurs) accroissent les coûts et limitent la production. En plus des difficultés d'écoulement des produits et d'accès aux marchés avantageux (marchés urbains), les producteurs "bradent" leurs produits à n'importe quel prix aux commerçants. Cette situation maintient les producteurs dans un état de subsistance.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL, J., CARBONNEL, J.P. & VAUGELADE, J. (1985): Aléas climatiques et production agricole: le coton au Burkina Faso, ORTOM-ETUDES.
- ALBERGEL, J. & GROUZIS, M.(1988): Environnement et production agricole: cas du Burkina Faso, ORSTOM-ETUDES.
- ARJAN RUIJS,(1994): La construction d'un modèle régional sectoriel pour le Nord-Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude de l'Université de technologie d'Eindhoven et de l'Université de Groningen.
- BADOUIN, R.(1985): Le développement agricole en Afrique. Cujas, Paris
- BARREAUD, .(1991): La daba et le bâton du berger: Analyse et diagnostic d'un système Agro-Pastoral Solle, Nord-Yatenga, Burkina Faso. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme Agronomie Tropicale (D.A.T.), Montpellier.
- BAIROCH, P.(1992): Le tiers monde dans l'impasse. Gallimard, Paris.
- BREMAN, H., DE RIDDER, N.(1991): Manuel sur les pâturages des pays sahéliers. Editions Karthala, ACCT,CABO-DLO et CTA.
- BROOKE, A., KENDRICK, D., MEERAUS, A.(1992): GAMS Release 2.25, a user'guide. World Bank, The Scientific Press, San Fransisco.
- BROEKHUYSE, J.TH.(1985): Désertification et autosuffisance alimentaire: Une vue de la base. Institut Royal Tropical, Amsterdam.
- BROEKHUYSE, J.TH.(1988): De la survivance à la suffisance: étude des problèmes et des perspectives du développement aboutissant à une idéologie paysanne au Plateau Nord des Mossi. CEDRES/AGRISK-ETUDE, Universités de Ouagadougou et de Groningen.

- BROUSSEAU, E.(1993):** Les théories des contrats: une revue. Revue d'économie politique, No.1 Janvier-Février.
- BOURZAT, D.(1980):** Paramètres zootechniques des espèces ovines et Caprines de Type Mossi et de Type Peulh. ORD-YATENGA, IEMVT-PARIS.
- ,(1982): Compte rendu d'essai d'embouche sur les agneaux de type peulh et de type Mossi au CAZ de Ouahigouya (ORD-YATENGA), IEMVPT-PARIS.
- BARBIER, B.(1994):** Modélisation agronomique et économique de la durabilité d'un système villageois: le cas du village de Bala au Burkina Faso. Thèse de doctorat, école supérieure agronomique de Montpellier.
- CENTRE TECHNIQUE DE COOPERATION AGRICOLE ET RURALE (CTA),(1995):** L'élevage en Question in SPORE, No.58 Août.
- DE JANVRY, A.& SADOULET, E.(1995):** Quantitative Development Policy Analysis. The Johns Hopkins University Press.
- DE BOER F.& KESSLER, J.J.(1994):** Le système d'élevage peuls dans le sud du Burkina Faso: une étude agro-écologique du département de Tô (Province de la Sissili).
- DELGADO, C.L.,(1979):** Le système d'exploitation agricole des peulhs du sud de la Haute Volta: une nouvelle forme d'un ancien modèle d'intégration de l'élevage et de l'agriculture dans la Savane de l'Afrique Occidentale. African Rural Economy Paper No.20.
- ,(1980): L'élevage par rapport à l'agriculture au sud-est de la Haute-Volta: analyse de l'allocation des ressources au niveau de l'exploitation. CRDE, Université du Michigan.
- DJIGA, A.(1969):** Bilan des données actuelles en vue d'une meilleure exploitation des pâturages de Haute-Volta.

- DJIGUEMDÉ, A.(1988):** Les conditions agricoles du plateau mossi ou les vicissitudes d'une production alimentaire. CEDRES/AGRISK-ETUDE, Université de Ouagadougou et Université de Groningen.
- DUGUÉ, M.J.(1986):** Fonctionnement des systèmes de production et utilisation de l'espace dans un village du Yatenga: Boukéré (Burkina Faso). Documents systèmes agraires (DSA) No.1. CIRAD, Montpellier.
- DUGUÉ, P.(1989):** Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de cultures vivriers en zone Soudano-Sahélienne: le cas du Yatenga (Burkina Faso). Collection documents systèmes agraire, No.9. INERA, CIRAD.
- EICHER, C.K.& BAKER, D.C.(1984):** Etude critique de la recherche sur le développement agricole en Afrique sub-saharienne. IDRM-MR.
- ELLIS, FRANK (1993):** Peasant economics: farm households and agrarian development. Second edition, Cambridge University Press.
- FAO, (1985):** Integrating Crop and Livestock in West Africa, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Animal Production, No.41, Rome.
- FORNAGE, N.(1993):** Enjeux et possibilités de l'intensification agricole au Nord-Yatenga. Quelques remarques à l'encontre des idées reçues sur l'agriculture sub-sahélienne.
- GNOUMOU, G.(1992):** Système d'élevage et espace de pâtures dans les villages de Thiougou et Donsin. INERA-ETUDE; Burkina Faso.
- GRELLET, G.(1992):** Pourquoi les pays en voie de développement ont-ils des rythmes de croissance aussi différents? Un survol critique de quelques orthodoxies comtemporaine. Revue tiers-monde, No.129.

GROUZIS, M.(1984): Pâturages sahétiens du nord du Burkina Faso. Capacité de charge, production fréquentielle et dynamique de la qualité fourragère. ORD du SAHEL.

-----,(1988): Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahétiens. Burkina Faso - Edition de l'ORSTOM.

HAZELL, P.B.R. & NORTON, R.D.(1986): Mathematical Programming For Economic Analysis In Agriculture. Macmillan Publishing Company, New-York.

HASSANE ADAMOU IDE,(1994): Analyse de la stratégie du développement rural par l'approche "aménagement et gestion des terroirs" dans les pays du sahel: cas du Burkina Faso et du Niger. Thèse de doctorat de 3e cycle en science économique. Université de Ouagadougou, FaSEG.

HUGON, P.(1992): La meso-économie institutionnelle et agriculture africaine: le Cas de la filière coton. XIIIè Séminaire d'Économie et Sociologie du CIRAD, Montpellier, Septembre.

JAEGER, W.K.(1987): Agricultural Mechanization: The Economics of Animal Draft Power in West Africa. Westview Press, Boulder, Colorado.

KABORE, P.D., (1988): Analyse économique de la gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Thèse de doctorat de 3ème cycle. Université Nationale de Côte d'Ivoire, C.I.R.E.S.

KAZIANGA, H.(1996): Analyse de la demande rurale et impact des politiques de reformes économiques sur les ménages: évidences empiriques du Burkina. Thèse de doctorat de 3e cycle, FaSEG, Université de Ouagadougou.

KIMSÉYINGA, S. et al.(1994): Caractéristiques socio-démographiques et stratégies des ménages en matière de sécurité alimentaire dans la province du Passoré. Travaux de Recherche No.2 (Avril). CEDRES-LAVAL, Université de Ouagadougou.

- KEITA, M.(1987): Progrés technique, productivité et culture attélee au Burkina Faso. CEDRES-ETUDES, Avril 1987 Spécial 10ème Anniversaire, Université de Ouagadougou.
- KOHLER, J.M.(1971): Activités agricoles et changements sociaux dans l'Ouest-Mossi, Haute Volta. Mémoires ORSTOM No.46, PARIS.
- KONATÉ, G.(1988): Introduction à l'étude des structures démographiques et de l'organisation sociale Mossi. CEDRES/AGRISK-ETUDE, Université de Ouagadougou et Université de Groningen.
- KONANDREAS, A.P.& ANDERSON, F.M.(1983): Dynamique du troupeau de bovins: un modèle entier et stochastique pour l'évaluation des options de production. CIPEA, ADDIS-ABEBA (ETHIOPIE).
- KOUDOUGOU, Z. et al.(1995): Suivi des ressources pastorales, Campagne 1994. Rapport Annuel d'Activité. Vol.I: Méthodes et Résultats.
- LHOSTE, P.(1995): L'élevage et la gestion de la fertilité organique in Inter-Réseaux (Hommes et Animaux), Novembre.
- LHOSTE, P., et al.(1993): Manuel de zootechnie des régions chaudes: les systèmes d'élevage, CIRAD.
- MAATMAN, A., SCHWEIGMAN, C.(1994): Etude des systèmes de production agricole du Plateau Central au Burkina Faso: application de la programmation linéaire. Tome 1, Document de travail du Projet ASP/SADAOC, INERA, Université de Ouagadougou, Université de Groningen.
- MAATMAN, A., SCHWEIGMAN, C., RUIJS, A.(1996): Etudes des systèmes de production agricole du Plateau Central au Burkina Faso: application de la programmation linéaire. Tome 2, Document de travail du Projet ASP/SADAOC, INERA, Université de Ouagadougou, Université de Groningen.

- MAHIEU, F.R.(1990): Les fondements de la crise en Afrique, Paris, L'Harmattan.
- MARCHAL, J.M.(1983): Yatenga, Nord Haute Volta: la dynamique de l'espace rural soudano-sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM No.167. ORSTOM, Paris.
- MALASSIS, L.(1973): Agriculture et processus de développement. Paris, Unesco.
- MALTON, P.J.& FAFCHAMPS, M.(1988): Crop Budgets for Three Agroclimatic Zones of West African Semi-Arid Tropics. ICRISAT, India.
- MCINTIRE, J., BOURZAT, D.& PINGALI, P.(1992): Crop-Livestock Interaction in Sub-Saharan Africa. World Bank, Regional and Sectoral Studies.
- MEYER, J.F.(1989): Le troupeau bovin au Burkina Faso: résultats d'enquêtes. MAE, OUAGADOUGOU, IEMVT-PARIS.
- MILLEVILLE, P., COMBES, J. & MARCHAL, J.(1982): Systèmes d'élevage sahélien de l'Oudalan: étude de Cas. ORSTOM, ORD DU SAHEL, OUAGADOUGOU.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE (MAE),(1990) : Enquête nationale sur les effectif du cheptel (ENEC): volume I, résultats et analyse. BURKINA FASO-OUAGADOUGOU.
- (MAE),(1990): Paramètres zootechniques des petits ruminants, Projet Statistiques Animales (PSA). BURKINA FASO-OUAGADOUGOU.
- NAEGELE, A.(1985): L'élevage au Burkina Faso. Volume I: analyse de la situation des terres à pâturages au Burkina Faso (F.A.O.).
- NIGNAN, M.(1995): Contribution à l'amélioration des stratégies paysannes d'intégration agriculture élevage. Etude comparative des rations alimentaires sur les Performances du Belier Djallonké. INERA. RSP/Nord-Ouest Tougan.

- PENNING DE VRIES, P.W.T. & DJITÈYE, M.A.(1991):** La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Wageningen, Pays-Bas.
- PINGALI, P., BIGOT, Y. & BINSWANGER, H.P.(1987):** Agricultural Mechanization and Evolution of Farming Systems in Sub-Saharan Africa. The Johns Hopkins University Press.
- PRUDENCIO, Y.C.(1983):** A Village Study of Soil Fertility Management and Food Crop Production in Upper Volta: Technical and Economic Analysis.
- QUILFEN, J.P. & MILLEVILLE, P.(1981):** Résidus de culture et fumure animale. Un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute Volta. ORSTOM Ouagadougou.
- ROJAT, D.(1991):** Pâturages communs: modélisation bio-économique et gestion des Systèmes Pastoraux. IEMVT-PARIS.
- SANON, Y. et al.(1994):** Etats des connaissances sur les écosystèmes pastoraux au Burkina Faso. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales (MARA), OUAGADOUGOU.
- SAWADOGO, J.P.W.(1996):** Impact de la tenure foncière sur l'utilisation des déterminants de la production agricole au Burkina Faso. Thèse de doctorat de 3e cycle, FaSEG, Université de Ouagadougou.
- SCHWEIGMAN, C. (1986):** Etude interdisciplinaire de risques dans l'approvisionnement alimentaire dans les régions tropicales sémi-arides: structure de la recherche AGRISK. CEDRES-ETUDES, No.XX Juillet 1987.

- SCHWEIGMAN, C., SNIJDERS, T., ANDEL, J., NOORDWIJK, M.(1988): Observations quantitatives sur les risques dans l'approvisionnement alimentaire sur le Plateau Mossi. CEDRES-ETUDES/AGRISK, Université de Ouagadougou et Université de Groningen.
- SCHWEIGMAN, C.(1993): Application de la recherche opérationnelle: Problèmes de l'agriculture dans les pays en voie de développement. Institut Royal des Tropiques, Pays-Bas.
- SERPANTIE, G., MERSADIER, G.& DE MONTCEL, L.(1985): La dynamique des rapports agriculture élevage en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso: diminution des ressources, organisation collective, et stratégie d'éleveurs paysans au nord du Yatenga. ORSTOM-ETUDE, OUAGADOUGOU (BURKINA FASO).
- SERPANTIE, G.(1985): L'élevage dans les systèmes agro-pastoraux sahelo-soudaniens et soudano-sahéliens: problématique du changement technique. In technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest.
- SINGH, I., SQUIRE, L. & STRAUSS, J.(eds) (1986): Agricultural Household Models: Extensions, Applications and Policy. The Johns Hopkins University Press.
- SOULAMA, S.(1989): Analyse économique des systèmes et structures alimentaires en zones à déficits céréaliers au Burkina Faso. CEDRES-ETUDES, No. 26, Janvier 1989, Université de Ouagadougou.
- STEEDS, D.(1985): Desertification in the Sahelian and Sudanian Zones of West Africa. World Bank, John Hopkins University, Baltimore.
- STIGLITZ, J.,(1985): Economics of Information and Theory of Economic Development. Working Paper, New York.

- TERRIBLE, M.P.B.(1981):** Pour un développement rural en accord avec le milieu naturel et humain. Eglise et développement.
- THIOMBIANO, T.(1987):** Le rôle des prix dans la décision de produire et de vendre. CEDRES-ETUDES, Avril 1987, Spécial Dixième Anniversaire, Université de Ouagadougou.
- WAYNE, L. W (1991):** Operations Research: Applications and Algorithms. Second Edition; PWS-KENT, BOSTON.
- WILLIAMSON, O.E.(1985):** Reflections on the New Institutional Economics. Journal of Institutional and Theoretical Economics, vol.141, No.1,Mars.
- WETTA, C.(1990):** Systèmes de production agricole au Burkina Faso. CEDRES-ETUDES No.30, Université de Ouagadougou.
- ZOUNDI, J.S.(1994):** Complémentarité stratégique et croissance compensatrice chez des ovins évoluant sur parcours naturel. Thèse de doctorat de 3e cycle; biologie animale. Université de Ouagadougou/FST.

A N N E X E S

ANNEXE 0: RECAPITULATIF DU CHAPITRE QUATRE

MODÈLE DE CULTURE

Dans le modèle, cinq cultures principales ont été distinguées: le maïs (MA), le sorgho rouge (SR), le sorgho blanc (SB), le mil (MI), et l'arachide (AR).

Une culture secondaire, le niébé (NB), cultivée en association soit avec le sorgho (SR/NB, SB/NB), soit avec le mil (MI/NB) a aussi été prise en compte. L'ensemble de ces produits est noté P:

$$P = \{ MA, SR, SB, MI, AR, NB \} \quad (1)$$

Les différentes catégories de champs sont les suivants:

- s_1 : champs communs situés à proximité des maisons (à moins de 100 mètres). En général, il s'agit de petits champs (champs de case) qui sont supposés ne pas se trouver aux parties basses de la toposéquence;
- s_2 : champs communs à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à quelque distance de la concession (100m - 1000m);
- s_3 : champs communs à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à une distance plus grande de la concession (plus de 1000m);
- s_4 : champs communs à sol plus argileux situés aux parties plus basses de la toposéquence, à quelque distance de la concession (100m - 1000m); (2)
- s_5 : champs communs à sol plus argileux situés aux parties plus basses de la toposéquence, à une distance plus grande de la concession (plus de 1000m);
- s_6 : champs individuels situés à proximité des maisons (à moins de 100 mètres);
- s_7 : champs individuels à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à quelque distance de la concession (100m - 1000m);
- s_8 : champs individuels à sol sableux situés aux parties plus hautes et au milieu de la toposéquence, à une distance plus grande de la concession (plus de 1000m).

Ces catégories de champs sont également désignées comme "type de sol". L'ensemble de ces types de sol est désigné par le symbole S:

$$S = \{ s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8 \}. \quad (3)$$

" J " est défini comme l'ensemble des parcelles prises en considération. La surface de chaque parcelle est la première variable de décision introduite comme suit: (4)

$SUR(j)$ (5)
surface de la parcelle cultivée j , où j est un élément de l'ensemble des parcelles J .

$JACH(j)$ (6)
la partie en jachère de la parcelle cultivée j , on a:

$DSP(s)$ (9)
la superficie disponible du type de sol s en hectare (ha), où s est un élément de S

$PROD(p,t)$ (14)
est la récolte du produit p en période t (en kg), où p est élément de P et $t = 8, 9, 10$;

$REND(j,p,t)$ (15)
est le rendement du produit p en période t si 1 ha de la parcelle j est cultivé (en kg/ha); où j est élément de J , p élément de P et $t = 8, 9, 10$.

$PROD'(p,t)$ (17)
est la récolte du produit p (en kg) en période t , disponible pour être consommée ou vendue dans la période cible de consommation et;

$SMNCE(p,t)$ (18)
le volume du produit p (en kg) à réserver dans la période t , pour les semis de l'année prochaine.

Les variables de décision sont définies par:

$CON(p,t)$ (19)
consommation du produit p en période t (en kg);

$VEN(p,t)$ (20)
vente du produit p en période t (en kg);

$ACH(p,t)$ (21)
achat de produit p en période t (en kg);

$STOCK(p,t)$ (22)
stock de produit p à la fin de la période t (en kg), les semences sont exclues;

et les paramètres par:

$STOCK(p, 7)$ (23)
stock de produit p (en kg) au début de la période cible de consommation (i.e. à la fin de la période 7);

$f(p,t)$ (24)
fraction du stock du produit p perdue en période t à cause du stockage;

où p est élément de P , $t = 8, 9, 10, 11, 12, 13$.

L'ensemble des éléments nutritifs considérés sont les calories (en kilocalories) et les protéines (en grammes). L'ensemble de ces éléments est noté:

$$N = \{ KC, PR \}. \quad (27)$$

Les paramètres suivants sont introduits:

$$DEM(n,t) \quad (28)$$

la demande alimentaire de "l'Exploitation Centrale" en nutriments n en période t ;
 $t = 8, \dots, 13$.

$$VAL(p,n) \quad (29)$$

la valeur en nutriments n de la consommation de 1 kg du produit p , $n \in N$, $p \in P$.

Les variables ci-dessous sont introduites:

$$DEF(n,t) \quad (30)$$

le déficit alimentaire en nutriment n dans la période $t = 8, \dots, 13$; $n \in N$.

$$CONS(n,t) \quad (31)$$

la consommation en nutriment n dans la période $t = 8, \dots, 13$, $n \in N$.

Les paramètres et variables suivants sont introduits:

Paramètre

$$DEM_R(n) \quad (34)$$

la demande alimentaire de "l'Exploitation Centrale" en nutriment n dans la période de récolte de la saison de culture prochaine, n élément de N .

Variable

$$DEF_R(n) \quad (35)$$

le déficit alimentaire en nutriment n , dans la période de récolte de la saison de culture prochaine, si la consommation de "l'Exploitation Centrale" serait basée uniquement sur les stocks des produits de culture à la fin de la période "13", n élément de N .

Paramètre

$$MAXSR(t) \quad (38)$$

quantité maximale de sorgho rouge (en kg) qui peut être consommée par période $t = 8, \dots, 13$.

Variable

$CONS'(n,t)$ (42)
est la consommation du maïs, du sorgho blanc et du mil en nutriment n pendant la période $t = 8, \dots, 13$ et $n \in N$.

MODÈLE ÉLEVAGE

Les différentes catégories d'espèces distinguées sont les suivantes:

- $e1$: gros ruminant mâle de 0 - 1 an;
- $e2$: gros ruminant mâle de 1 - 4 ans;
- $e3$: gros ruminant mâle de 4 ans et +;
- $e4$: gros ruminant femelle de 0 - 1 an;
- $e5$: gros ruminant femelle de 1 - 4 ans;
- $e6$: gros ruminant femelle de 4 ans et +;
- $e7$: petit ruminant mâle de 0 - 1 an; (47)
- $e8$: petit ruminant mâle de 1 - 2 ans;
- $e9$: petit ruminant mâle de 2 ans et +;
- $e10$: petit ruminant femelle de 0 - 1 an;
- $e11$: petit ruminant femelle de 1 - 2 ans;
- $e12$: petit ruminant femelle de 2 ans et +;
- $e13$: la petite volaille (de 0 à quelques mois);
- $e14$: la volaille "adulte".

L'ensemble de ces espèces est noté par E .

$$E = \{e1, e2, e3, e4, e5, e6, e7, e8, e9, e10, e11, e12, e13, e14\} \quad (48)$$

Nous définissons les paramètres suivants:

$$N(e,0) \quad (49)$$

nombre initial d'animaux d'espèce e au début de la période de planification;

$$tm(e,t) \quad (50)$$

taux de mortalité de l'espèce e en période t ;

$$trg \quad (51)$$

taux de reproduction annuel des gros ruminants;

$$trp \quad (52)$$

taux de reproduction annuel des petits ruminants;

$$trv \quad (53)$$

taux de reproduction annuel de la volaille;

Les variables de décision sont les suivantes:

$$ACH(e,t) \quad (54)$$

nombre d'espèces achetées en période t ;

$$VEN(e,t) \quad (55)$$

nombre d'espèces vendues en période t ;

$$CON(e,t) \quad (56)$$

nombre d'espèces consommées en période t ;

La variable d'état est introduite comme suit:

$$N(e,t) \quad (57)$$

le nombre d'animaux d'espèce e possédés par l'exploitation à la fin de période t .

Nous introduisons le paramètre:

$$BF(e,t) \quad (69)$$

besoins en fourrage par espèce e , en période t (en kg);

et la variable d'état:

$$CONF(t) \quad (70)$$

consommation de fourrage (en kg) en période t ;

MODÈLE INTÉGRÉ

La période de planification est divisée et numérotée identiquement à celle du Modèle de Culture. Elle est comme suit:

$t = 1, 2, \dots, 13$.

1	la première moitié du mois de Mai (1 - 15 Mai)	
2	la deuxième moitié du mois de Mai (16 - 31 Mai)	
3	la première moitié du mois de Juin (1 - 15 Juin)	
4	la deuxième moitié du mois de Juin (16 - 30 Juin)	
5	la première moitié du mois de Juillet (1 - 15 Juillet)	
6	la deuxième moitié du mois de Juillet (16 - 31 Juillet)	
7	le mois d'Août (1 - 31 Août)	(72)
8	le mois de Septembre (1 - 30 Septembre)	
9	le mois d'Octobre (1 - 31 Octobre)	
10	le mois de Novembre (1 - 30 Novembre)	
11	les mois de Décembre, Janvier et Février (1 Déc. - 28 Fév.)	
12	les mois de Mars, Avril et Mai (1 Mars - 31 Mai)	
13	les mois de Juin, Juillet et Août (1 Juin - 31 Août)	

Paramètre

$$RENDR(j,p,t) \quad (74)$$

Rendement en résidus du produit p sur 1 ha de la parcelle j en période t (en kg de matière sèche);

la variable d'état:

$$\text{PRODR}(t) \quad (77)$$

production de résidus en kg par ha en période $t = 8, 9, 10$.

$$\text{STOCKR}(t) \quad (79)$$

stock de résidus en période t (en kg de matière sèche); où $t = 8, \dots, 12$.

$$\text{CONR}(t) \quad (80)$$

consommation de résidus de cultures en période t (en kg de matière sèche) par l'ensemble des animaux de "l'Exploitation Centrale"; $t = 8, \dots, 12$.

Nous définissons les paramètres suivants:

$$fr(t) \quad (81)$$

fraction des résidus perdue en période t , y compris les utilisations diverses;

$$\text{PFUM}(e,t) \quad (85)$$

production récupérée de fumure animale (en kg) d'une espèce (e) en période t ; où e est un élément de E et $t = 8, \dots, 13$.

$$\text{FUM}(j) \quad (86)$$

quantité en kg/ha de fumier appliquée sur la parcelle j ,

où j est un élément de J .

$$\text{M'OC}(j,t) \quad (90)$$

main-d'oeuvre requise dans la période t pour cultiver 1 ha d'une parcelle j ;

$$\text{M'OGARDE}(t) \quad (91)$$

main d'oeuvre nécessaire dans la période t pour garder le troupeau (en heures);

$$\text{M'OR}(j,t) \quad (92)$$

main-d'oeuvre nécessaire pour ramasser, transporter et stocker les résidus de culture sur la parcelle j en période t (en heures/ha);

où j est un élément de J , $t = 1, \dots, 10$.

$$\text{DSPM'OAC}(t) \quad (93)$$

main-d'oeuvre disponible dans la période t pour les activités de culture (en heure) sur les champs communs;

$$\text{DSPM'OAI}(t) \quad (94)$$

main-d'oeuvre disponible dans la période t pour les activités de culture (en heure) sur les champs individuels;

$DSPM'OE(t)$ (95)
main-d'oeuvre disponible dans la période t pour les activités d'élevage (en heure);

$TM'OA(t)$ (96)
main-d'oeuvre des adultes transférée aux activités de l'élevage en période t ; pour tout $t = 1, \dots, 10$.

$FIN(7)$: (113)
moyens financiers (FCFA) de "l'Exploitation Centrale" à la fin de la période 7;

$RNAE(t)$ (114)
revenus non-agricole et non élevage (FCFA) pendant la période t ,

$DNAE(t)$ (115)
dépenses non agricole et non-élevage (FCFA) pendant la période t ,

$PRV(pt)$ (116)
prix de vente que l'exploitation compte réaliser en vendant 1 kg du produit de culture ou pour une espèce (FCFA),

$PRA(pt)$ (117)
prix d'achat que l'exploitation compte payer pour 1 kg duproduit de culture ou pour une espèce (FCFA),

$\rho(t)$ (118)
taux d'intérêt sur le capital déposé par période t ,
où pt est élément de PT , $t = 8, \dots, 13$.

Variable d'état:

VALCHEP valeur du cheptel

ANNEXE I: CONNAISSANCE DU MILIEU: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET ACTIVITES HUMAINES.

Ce chapitre a pour but de décrire la zone d'étude en mettant l'accent sur les caractéristiques physiques (végétation, sols), climatiques (pluviométrie) et les activités des populations (cultivateurs et éleveurs). Dans cette description, notre attention est portée sur les facteurs qui déterminent la conduite des activités de culture et d'élevage. Ce chapitre pose aussi les problèmes de la densité démographique, de la réduction des surfaces cultivables, des pâturages et de l'effet de l'environnement sur le comportement économiques des populations rurales. Il comporte trois parties. La première traite de l'exploitation des ressources naturelles; la deuxième traite du peuplement et des structures sociales. Enfin la troisième traite de la façon dont sont menées les activités d'agriculture et d'élevage.

A.1.1. EXPLOITATION DES RESSOURCES NATURELLES.

a). Caractéristiques principales et situation géographique de la zone d'étude.

Situé entre 9°20' et 15°5' de latitude Nord et entre les 2°20' de longitude Est et 5°30' de longitude Ouest, le Burkina Faso couvre une superficie de 274200 km². Le pays est limitrophe de pays côtiers (côte d'Ivoire, Ghana, Togo et Benin) et de pays sahéliens (Mali et Niger). Il est compris dans la zone semi-aride; dont la superficie est de 3,915 millions de km², une période de croissance des végétaux allant de 90 à 180 jours et une pluviométrie annuelle comprise entre 500 et 1000 mm. Cette délimitation est de Jahnke, 1982 (cité par McIntire, J. et al, 1992). Elle est différente de celle donnée par la FAO, 1986 (superficie: 2,330 millions de km²; durée de croissance des végétaux: 75 à 119 jours et pluviométrie: 400 à 600 mm). Nous adoptons la délimitation de Jahnke, 1982 parce que ses chiffres sur la période de croissance des végétaux et la pluviométrie s'approchent plus de ceux qu'on trouve dans la littérature en ce qui concerne le Burkina.

Le découpage du pays en zones agro-climatiques est aussi variable selon les sources. Certains auteurs distinguent cinq zones (Mellaart, 1988 zone pluviométrique), d'autres quatre (World Bank, 1990 zone agroécologique), d'autres trois (Boudet G., 1974; cité par Naegele A., 1985 zone biogéographique). Ces variations dans les découpages peuvent s'expliquer prioritairement par l'objectif que l'on vise et secondairement par le fait que les isohyètes se déplacent. Nous voulons seulement donner les paramètres qui permettent de définir une zone agro-climatique. Une zone agro-climatique est définie, selon McIntire, J. et al, 1992, par deux éléments: la quantité de pluie, sa répartition et l'altitude. L'altitude parce qu'elle affecte la température.

En absence d'irrigation ces paramètres sont les principaux déterminants du système de culture, des variétés cultivées, du système d'élevage et des espèces animales d'une zone.

L'agroclimat détermine les types de cultures qui peuvent pousser avec succès et leur caractéristiques agronomiques telles la productivité, la durée du cycle de croissance, la mécanisation et l'existence de parasites telle que les insectes et les mauvaises herbes. L'agroclimat influence aussi la production animale en terme d'espèces, de reproductivité, de capacité de charge et l'existence de maladies.

Notre zone d'étude se situe grossomodo dans la zone sahélo-Soudanienne avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 600 mm et 800 mm. Elle est caractérisée par l'existence d'une saison sèche et fraîche, de novembre à mars, d'une saison sèche et chaude, en avril et mai, et d'une saison des pluies, de Juin à octobre mais marquée par une "extrême" variabilité d'une année à l'autre. La période de croissance des végétaux est de 100 à 120 jours. Dans les provinces du Yatenga (12292 km²) et du Passoré (4078 km²), la plupart des sols sont des sols peu évolués d'érosion sur matériaux gravionnaires et des sols ferrugineux plus ou moins lessivés. La fertilité des sols est en générale mauvaise et subissent une forte dégradation. La province du Sourou (9487 km²) a plus de potentialités. On y trouve les sols minéraux bruts (51%), les sols hydromorphes (24%), les sols ferrugineux (19%), les vertiols (5,5%) et les sols bruns eutrophes (0,5%). A l'Ouest de la province, à la frontière avec le Kossi et le Mouhoun, se trouve le fleuve Sourou.

b). L'occupation humaine de l'espace.

La densité moyenne de population de la zone d'étude est de 40 hts/km². Elle varie selon les provinces: 44 hts/km² au Yatenga, 55 au Passoré et 28 au Sourou (INSD, recensement 1985); et dans les provinces selon les départements. La province du Yatenga compte dix neuf (19) départements. Le département le plus peuplé est Ouahigouya avec 138,5 hts/km². Le moins peuplé est Kain, avec 6,63 hts/km². Le Passoré compte neuf (9). Le plus peuplé est La-todin avec 150,04 hts/km² et le moins peuplé est Bagaré avec 25,06 hts/km². Le Sourou compte, enfin, quatorze (14) départements. La répartition de la population est plus harmonieuse. Le département le plus peuplé (Lanfiera) compte 62 hts/km² et le moins peuplé (Touni) compte 16 hts/km².

Lorsqu'on effectue des calculs sur la répartition des densités de population selon les départements (données issues du recensement de 1985, INSD), on obtient les résultats suivantes:

Tableau A1.1: Densités démographiques moyennes, écart-types, coefficients de variation par provinces (hts/km²).

	Yatenga	Passoré	Sourou
moyenne(1)	50,14	60,06	30,21
écart-type	28,69	34,01	10,85
Coef. var. (%)	57,22	56,62	35,93
(1): densité par département divisée par le nombre de département que compte la province			

Source: Chiffres de L'INSD/nos caculs.

Ces calculs donnent des moyennes supérieures aux moyennes données par l'INSD. La répartition des populations est plus uniforme au Sourou (coefficient de variation 35,93), que dans les deux autres provinces où il n'y a pas d'uniformité. Au Yatenga, l'étendue (138,5 - 6,63) est 131,87. On observe la même chose au Passoré où l'étendue est 124,98. La forte concentration de population s'observe dans les chefs lieu de provinces ouahigouya et La-todin dont la plupart des ménages (ou exploitation) ne sont pas tous (ou toutes) agricoles.

En effet, on compte 6262 exploitations dans le département de GOURCY avec 49,98 hts/km²; 6868 dans le département de Ouahigouya avec 138,5 hts/km² et 5938 exploitations dans le département de Titao avec 21,81 hts/km². On peut supposer que les exploitations du département de Ouahigouya ne sont pas toutes agricoles.

Lorsqu'on ne tient pas compte de la densité de Ouahigouya au yatenga et de celle de Latodin (150,04 hts/km²) dans le Passoré dans les calculs, on a les résultats suivants:

Tableau A1.2: Densités moyennes, écart-types, coefficients de variation des Provinces du Yatenga et du Passoré.

	Yatenga	Passoré
Moyenne	45,23	48,81
Ecart-type	20,27	12,75
Coef. var. (%)	44,82	26

On observe qu'au Passoré il y a cette fois-ci une plus grande uniformisation dans la répartition de la population qu'au Sourou. Au Yatenga, la dispersion est encore plus grande. Cela peut s'expliquer par le fait que la superficie totale du Yatenga (12292 km²) vaut plus de trois fois la superficie totale du Passoré (4078 km²). Alors que la population au Yatenga vaut seulement un peu plus de deux fois celle du Passoré (cf. tableau: 1.3.).

Tableau A1.3: Superficies (en km²), population et intensité d'exploitation de la zone d'étude.

	S.T.	P.T.	T.CB.	T.CV.	I.E.
Yatenga	12292	536.578	4027	2079	51,6
Passoré	4078	223.830	1540	899	58,4
Sourou	9487	268.108	2544	1100	43,2
Total	25857	1.028.516	8111	4078	50,3

Notes: S.T.=Superficie Totale, P.T.=Population Totale, T.CB.=Terres Cultivables, T.CV.=Terres Cultivées, I.E.=Intensité d'Exploitation.

Source: INSD/ nos calculs.

L'ensemble des superficies cultivables de la zone (8111 ha) est exploitée à environ 50%. Cette intensité d'exploitation ou coefficient d'intensité culturale varie selon les provinces et dans une province selon les départements (ou localités). Au centre du Yatenga, par exemple, où la concentration de la population est plus forte (plus de 100 hts/km²), l'intensité d'exploitation est élevée. Elle varie de 50 à 70% (Maatman & Schweigman, 1994). On note à travers le tableau ci-dessous que le nombre d'habitants ruraux par hectare de terre cultivable est élevé au Passoré (142,6) par rapport au Yatenga (129,4) et au Sourou (115,3).

Tableau A1.4: Densité de population rurale par superficie (hts/ha).

	Ruraux/cultivable	Ruraux/cultivée
Yatenga	129,4	250,5
Passoré	142,6	244,4
Sourou	115,3	266,7

Source: Fiche d'enquête, MARA, Campagne agricole 1991-92.

Lorsqu'on regarde la densité de ruraux par surface cultivée, on se rend compte qu'elle est plus forte au Sourou que dans les autres provinces. Cela peut s'expliquer par le fait que moins de terres cultivables sont en culture et que les terres cultivées supportent plus de personnes. Au Sourou les rendements moyens en céréales sont de 917 kg/ha en 1992; contre 749 au Yatenga.

Lorsqu'on regarde les superficies moyennes par exploitation, on constate qu'elles sont plus élevées au Sourou (4,1 ha) qu'au Yatenga (3,5 ha) et au Passoré (2,7 ha).

Tableau A1.5: Exploitations Agricoles en 1991.

	Nbre total d'exploitation	Superficie cultivée (ha)	Superf. moyen/expl	Nbre Ruraux par exploit.
Passoré	33440	89865	2,7	6,6
Yatenga	58688	207905	3,5	8,9
Sourou	26820	110019	4,1	10,9

Source: Fiches enquêtes agricoles 1991; MARA.

On peut conclure que la population est inégalement répartie dans les Provinces. Cette inégale répartition est accentuée au Yatenga. Au Passoré et au Sourou, il y a une uniformisation dans la répartition. Seulement, on observe une concentration dans "les chefs lieu de Province". Au Sourou, les terres cultivables sont exploitées à 43% et celles qui sont cultivées supportent plus de personnes que dans les deux autres Provinces. Il y a donc dans cette Province encore des potentialités agricoles.

La vocation d'une région dans la production animale (élevage extensif) est fonction surtout de la capacité de charge à l'hectare; qui elle aussi est fonction des facteurs climatiques, édaphiques et biotiques de la région. La capacité de charge d'un pâturage est définie comme la quantité de bétail qu'il peut supporter sans se dégrader. L'unité bovin tropicale (u.B.T.) est un bovin adulte de 250 kg dont les besoins d'entretiens sont estimés à 2,5kg de matières sèches par jour pour 100 kg de poids vif, soit 6,25 kg de matières sèches ingérables par jour. En considérant les pâturages dans chaque province, on peut calculer la densité d'U.B.T./Hectare.

Tableau A1.6: Pâturages, cheptel et densité animale par province.

	Pâturages(ha)	cheptel(ubi)	densité (ubi/ha)
passoré	1700	86280	50,75
sourou	5400	166811	30,89
yatenga	6000	317280	52,88

source: fiche d'enquête, campagne agricole 1991-92.

Le tableau indique qu'au yatenga et au passoré la densité animale à l'hectare est élevée. La pression animale sur les pâturages est forte. C'est l'une des causes de la forte dégradation des ressources dans ces deux provinces. Le peuplement animal, pris par province, est semblable au peuplement humain (cf tableau: 1.1.). Néanmoins, la zone demeure une région pastorale. En effet, les taux de couverture des besoins des animaux de la campagne 1994, calculés par le projet suivi des ressources pastorales (annexe), sont pour le passoré de 221 %, pour le sourou de 244% et pour le yatenga de 130%.

Conclusion:

Deux enseignements sont à tirer au terme de cette partie:

- La pression humaine et animale sur les ressources naturelles est forte; surtout dans le Passoré et le Yatenga. Ce qui induit la forte dégradation des ressources (sols, végétation, eaux) dans ces deux localités.
- Globalement, la culture et l'élevage tendent vers la limite des possibilités de production. Les terres marginales nécessitent des investissements; les cultures fourragères sont à intégrer dans le système de production pour alimenter les animaux.

A.1.2. PEUPLEMENT ET STRUCTURE SOCIALE.

Notre préoccupation dans cette partie est de voir les groupes ethniques qui peuplent la région et les activités économiques qu'elles mènent. Les structures sociales et l'organisation des familles influent sur la conduite de ces activités. Nous parlerons d'abord des groupes ethniques avant de parler des structures sociales.

a). Les différents groupes ethniques.

La zone présente dans son ensemble une grande diversité ethnique.

Selon l'enquête démographique 1991 de l'INSD, on compte plus de treize ethnies au Yatenga, plus de onze (11) au Passoré et plus de quinze (15) au Sourou. On trouve les Mossi et les Peulhs (Foulfuldé) dans toutes les trois provinces.

Les Mossi sont majoritaires au Yatenga et au Passoré. Les Peulhs sont un peu plus nombreux au Yatenga et au Sourou. Le tableau suivant donne une répartition des ethnies majoritaires par province.

Tableau A1.7: Répartition des ethnies par province (en % de la population totale des provinces de 1991).

	Mossi	Samo	Dafing	Peul	Touareg	Autres
Passoré	98,78	-	-	0,73	-	0,48
Yatenga	89,77	0,34	0,076	3,53	-	6,04
Sourou	18,98	39,95	37	2,48	0,047	1,47

Source: Les données brutes sont de l'INSD, Enquête démographique, 1991.

Nous classerons les différents groupes ethniques selon leurs activités prioritaires. Ce critère nous permet d'identifier deux grands groupes: les cultivateurs et les éleveurs. Les cultivateurs sont les Mossi, les Samo, les Dafing et autres. Les éleveurs sont les Peulhs et les Touareg et les Bella. On note aussi la présence des Silmi-mossi, dans le Passoré issus de la rencontre des peulhs avec des communautés villageoises Mossi dont l'enquête ne fait pas cas (Lopez, G. et al, 1985). Ils sont sans doute classés dans le groupe ethnique Mossi. Selon l'enquête National sur les effectifs du cheptel, Il y a dans la région 74,31% d'exploitations cultivateurs (possédant du bétail) et 25,69% d'exploitations éleveurs proprement dites.

b). Structure et organisation sociale des deux groupes.

Nous donnerons ici les caractères généraux concernant le groupe cultivateur et le groupe éleveur. Nous nous pencherons davantage vers la structure de l'ethnie Mossi et Peulhs.

b1). Structure et organisation sociale des cultivateurs.

Une famille Mossi est patrilinéaire et patrilocale; c'est à dire que la filiation se fait par rapport au lignage et la domiciliation se fait chez le père (ou le mari). On rencontre deux cas de figures dans la famille mossi: une famille étendue et une famille beaucoup plus restreinte correspondant plus ou moins à la définition moderne de ce concept (Konaté, G., 1988). Une famille étendue est composée de plusieurs ménages. Maatman et Schweigman, citant Ancey (1975), distinguent huit (8) niveaux dans l'organisation socio-familiale des Mossi: 1) le niveau individuel, avec une distinction entre aînés, cadets et femmes; 2) le niveau du "groupe restreint de production", 3) le niveau du "groupe de consommation"; 4) le niveau du "groupe d'exploitation"; 5) le niveau de résidence; 6) le niveau familial élargi au lignage ou au segment; 7) le niveau villageois et 8) le niveau supra-villageois.

Nous nous concentrons, comme ils l'ont fait, sur deux niveaux: le niveau du groupe d'exploitation et le niveau du "groupe restreint de production".

Le niveau du "groupe d'exploitation peut souvent comprendre les frères mariés ou non du chef d'exploitation correspond à une unité de production. Tous les membres travaillent sur un champ collectif dont les produits seront placés sous la responsabilité du membre le plus ancien. Ce type d'unité de production selon Konaté G. (1988) est en voie de disparition au profit d'une unité plus restreinte que la précédente de par sa composition. On a un chef de ménage, sa ou ses femmes et ses enfants non mariés. Ce type d'unité de production est le plus courant de nos jours (Konaté, G.; op cit). Tout membre d'une famille (qu'elle soit élargie ou restreinte) peut avoir son champ individuel dont il gère la production. Les champs collectifs bénéficient d'une priorité absolue sur les champs personnels. Ainsi, femmes et jeunes gens doivent attendre jusqu'à ce que les opérations importantes (semailles notamment) sur les champs collectifs soient terminées pour pouvoir consacrer les temps libres à leurs champs personnels.

La réalisation des différentes opérations culturales dépend de la composition et de l'organisation pratique des membres de l'unité de production. Au plateau Mossi, les hommes comme les femmes participent quasiment aux mêmes travaux (Konaté, G., 1988). Les enfants de moins de 10 ans, ont pour tâches la garde du bétail et la surveillance des champs. Le reste des opérations est assuré par tous les membres de la famille (hommes, femmes, enfants de plus de 10 ans) sur ordre du chef d'exploitation qui veille au respect du calendrier agricole. C'est le chef d'exploitation qui décide du genre de produit à cultiver, de la répartition du temps des actifs de la famille suivant l'importance de l'opération culturale entre le champs collectif et les champs personnels.

b2). Structure et organisation sociale des éleveurs.

Les Peulhs sont originaires, généralement, de l'extrême Nord du pays. Ils immigrent suivant un axe nord-sud. La région d'émigration est toujours l'origine de la famille. Ils connaissent un mode de filiation patrilinéaire (De Boer et al, 1994; citant Kintz, 1988) et souvent aussi patrilocal: les fils restent et habitent chez le père et l'aîné sera le chef du campement après le décès du père. Un campement est souvent composé de concessions d'une seule famille, généralement situé dans la brousse loin du village autochtone. Les concessions sont construites en pailles éloignées les unes des autres. Une famille Peulhe comprend environ six personnes (De Boer et al.)

A un niveau d'organisation plus élevé, on trouve le lignage, des groupes de familles peulhs qui ont un ancêtre commun. Le lignage est composé de dizaines ou de centaines de familles, avec un chef de lignage. Les familles immigrées ont une organisation lignagère est faible (De Boer et al). Dans ce cas l'homme le plus âgé est le chef de famille. Il est responsable de la conduite des troupeaux, des produits agricoles et de l'élevage (sauf le lait) et des investissements collectifs. Il vend les petits ruminants pour satisfaire les petits besoins: savon, matériaux (coupe-coupe, houe, couteau, etc...), pagnes, pétrole.

Il vend les bovins lorsqu'il y a de grandes dépenses: impôts, cérémonie (mariage, baptême, décès), matériaux pour la transhumance. (De Boer et al, 1994; Boogaard H. V., 1988).

Une famille simple ou nucléaire est composée, selon Boogaard, d'un homme marié à une ou plusieurs femmes et leurs enfants. Elle devient une famille étendue lorsque un des enfants est marié. Une famille étendue ne peut devenir trop grande (Boogaard, H.). Car, plus la famille est grande, plus le troupeau est grand. Il n'y a généralement pas d'espace pour un grand troupeau puisque la famille ne dispose pas de suffisamment de terres. Le chef de famille commande à son fils aîné qui est marié, en cas de grand troupeau, de quitter la famille. Le troupeau est partagé selon les règles d'héritage et le fils avec sa femme vont chercher un autre endroit. La structure familiale Peulhe est surtout renommée pour l'indépendance des femmes et l'individualisme des fils qui, souvent, vont s'établir très loin de l'autorité parentale après le mariage (Delgado, 1979 P.26)

Selon De Boer et al, 1994, le travail des peulhs est strictement réparti entre hommes et femmes. Les hommes supervisent la gestion des troupeaux, ils sont responsables du gardiennage, de l'abreuvement et de la vente des animaux. Ils font la culture des céréales. Ils nettoient les champs et font le semis et le sarclage. Seulement la récolte se fait ensemble avec les femmes. Elles ne participent pas à la culture et ont rarement des champs individuels. Elles sont responsables du trait des vaches. Les femmes peulhs possèdent souvent des bovins qu'elles ont reçu de leurs parents au mariage (De Boer et al, 1994; Boogaard, H., 1988).

Les tâches de cultures des femmes Peulhes sont moins lourdes que chez les Mossis, où les femmes sont responsables pour une grande partie du travail de culture. Par conséquent, la main-d'oeuvre disponible pour la culture dans une famille d'éleveurs est moins importante que chez les cultivateurs. Pendant la saison des pluies, jusqu'à la récolte le problème de manque de main-d'oeuvre se pose, parce que, outre les activités de culture, le gardiennage des troupeaux est plus intensif pendant cette période (De Boer et al, 1994).

Au terme de cette partie, on peut retenir qu'il y a deux activités principales auxquelles on peut associer deux groupes. Le groupe cultivateur est composé des ethnies Mossi, Samo, Dafing. Ils ont pour activité principale la culture des céréales (mil, sorgho principalement) et pour activité secondaire l'élevage de petits ruminants, de volailles. Cette activité secondaire est en quelque sorte la constitution d'épargne, revenu non dépensé auquel on a recours dans les périodes difficiles (mauvaises récoltes, soudure) ou pour faire face à des obligations sociales (mariages, funérailles, baptêmes etc...). le groupe éleveur est composé essentiellement des Peulhs et des Touareg. Ils ont pour activité principale l'élevage de bovins, d'ovins et quelque fois de caprins. La diminution des pâturages naturels, résultant de l'accroissement des terres cultivées, causé lui aussi par l'accroissement de la densité démographique, oblige les éleveurs à se sédentariser dans la zone où l'eau est disponible pour l'abreuvement des animaux.

Ils s'adonnent en ce moment là, à la culture de céréale pour diversifier les activités et ne pas trop exploiter le bétail.

Le deuxième enseignement est que le mode de vie, surtout des éleveurs, est la stratégie pour faire face aux caprices de l'environnement. La mobilité dont ils font preuve, avec leur troupeau, toute leur famille, montre à tel point l'élevage est l'essence même de leur vie. De ce point de vue, le type d'activité mené a une influence sur l'organisation de la famille et la répartition des tâches entre les membres.

A.1.3. Les Conditions environnementales et les activités.

a). Les conditions environnementales.

Nous distinguerons dans les conditions environnementales, les conditions climatiques et de sols.

a1). Les conditions climatiques.

Les éléments qui définissent le climat d'une zone sont: les précipitations (marqués par la durée de la saison des pluies, qui définit les grands types de végétation et la période de croissance des végétaux), les températures, les vents, et enfin l'évapotranspiration.

Le déterminant le plus important d'une zone est la pluviométrie. Elle permet de distinguer les zones climatiques. En considérant les données pluviométriques de la zone d'étude (Yatenga, Sourou, Passoré) de 1981 à 1992, nous pouvons les résumer de la façon suivante:

Tableau A1.8: Pluviométrie moyenne (en mm), écart-type (en mm) et coefficient de variation par Province et de la zone d'étude.

	Yatenga	Passoré	Sourou	Total région
Moyenne	543	564,71	580,15	571,16
Ecart-type	109,44	111,56	94,39	86,35
Coef. var.	20,15	19,75	16,26	15,12

La moyenne de la région est de 571 mm de pluie par an. La région est théoriquement une région agricole. La comparaison des moyennes montre que la province du Sourou a enregistré une plus grande quantité de pluie (580 mm) par rapport aux deux autres provinces. La province du Yatenga a été la moins arrosée (543 mm). Pendant cette période (1981-1992), la variation des quantités de pluie au cours des années a été plus forte au Yatenga (coefficient de variation: 20,15%) et au Passoré (19,75%) par rapport au Sourou (16,26%). Ce qui veut dire qu'au Sourou, les variations entre les quantités de pluie annuelles qui sont tombées durant cette période ont été plus faibles par rapport aux deux autres provinces. Ce qui nous permet de dire que dans notre zone d'étude, les précipitations varient fortement d'une année à l'autre et d'une province à l'autre. Cette variabilité dans le temps et dans l'espace joue sur les productions végétales et animales des populations rurales. Elle accroît le risque de production et influence la stratégie des populations rurales.

Plusieurs théories existent sur le rôle du climat dans l'intégration culture/élevage. La FAO (1985, p 11) énonce que: "dans les zones arides (pluviométrie annuelle inférieure à 500), l'intégration culture/élevage est limitée par le climat". Selon cette étude l'intégration serait possible dans les régions où la moyenne pluviométrique annuelle dépasse 400 mm.

Dans ce cas, "la production végétale gagne en importance et la superficie qui lui est consacrée s'accroît en réaction à l'augmentation de la population humaine. En présence d'un approvisionnement permanent en eau, les éleveurs sont forcés de se sédentariser. Il y a cohabitation entre cultivateurs et éleveurs. Il y a dans ce cas là possibilité d'intégration". Le climat est donc un des déterminants de l'intégration culture-élevage.

a2). Les conditions des sols.

Il n'y a plus de doute que le type de sol influence le type de culture. Les variations des types de sols dépendent entre autre de leur position sur la pente. Selon cette position, l'intensité d'infiltration et la capacité de rétention de l'eau de pluie est différente. Les variétés de culture à pratiquer varie selon la position de la parcelle sur la pente (cf. Maatman & Schweigman, 1994; p 78). Outre ces facteurs, les caractéristiques des différents types de sols sont bien définies.

Dans la zone d'étude, on rencontre les sols peu évolués (au Yatenga et au Passoré), les sols ferrugineux tropicaux (au Passoré), les vertisols et les sols hydromorphes (au Sourou). Nous présenterons ici les caractéristiques générales de ces différents sols; pour mettre en évidence les cultures possibles sur ces sols.

- les sols ferrugineux tropicaux: Assez profonds, ils sont toutefois pauvres en phosphore et en azote. Ils ont une texture sablo-argileuse ou argilo-sableuse et s'érodent facilement. D'une capacité de rétention en eau passable, ils ont un potentiel cultural assez faible. Leurs potentialités peuvent être améliorées moyennant des techniques et intrants appropriés. Ils sont toutefois exploités en fonction de la pluviométrie, pour la production de céréales (mil, sorgho, maïs), de légumineuses (arachides, niébé), de coton, ou peuvent produire un pâturage abondant valorisable par le bétail.

-les sols peu évolués sur matériaux gravillonnaires: caractérisés par une profondeur insuffisante, de faibles réserves en eau, pauvres en minéraux utiles et en matières organiques, ils sont cependant exploités tant pour les productions végétales qu'animales.

-les sols hydromorphes: leur hydromorphie, liée à la présence permanente ou temporaire d'une nappe phréatique, domine les propriétés de ces sols. Leur potentialité chimique, leurs propriétés physiques et les excès d'eau temporaire font qu'ils sont traditionnellement cultivés en sorgho ou en riz lorsque l'inondation est prolongée.

- les vertisols: on les rencontre essentiellement dans le sourou et au sud-est de Ouagadougou. Ils contiennent un pourcentage élevé d'argiles gonflantes; une grande capacité d'échange. Ils ont une fertilité potentielle élevée mais des propriétés physiques limitantes. Avec des méthodes culturales appropriées, les rendements peuvent être élevés. Ce sont de très bons sols pour les cultures irriguées.

Les décisions de cultiver dépendent entre autre de la position du sol et de la pluviométrie. La position du sol détermine la culture à appliquer. Du haut en bas, on constate une diminution de la capacité d'infiltration et une augmentation de la capacité de rétention en eau. En effet les parties basses sont plus argileux avec une capacité d'infiltration faible, mais une capacité de rétention élevée. Sur ces sols le sorgho et le riz sont surtout cultivés. Si les pluies sont abondantes, des flaques d'eau subsistent et peuvent constituer une menace pour la récolte du sorgho. Les sols situés plus en haut sont en général plus sableux. La capacité d'infiltration est suffisamment grande et la culture du mil est plus apte.

La production fourragère annuelle des pâturages est sous la dépendance étroite des facteurs climatiques, plus particulièrement de la pluviosité et de la durée de la saison humide, celle-ci déterminant la période active de la végétation. D'autres facteurs exercent également une grande influence sur cette production: ce sont les facteurs édaphiques (nature des sols, leur texture, structure, fertilité, capacité en eau utile) et les facteurs anthropiques (mode de pâtures, pratiques du brûlage).

On se rend compte que les sols de la zone sont des sols généralement pauvres. Ils nécessitent l'apport de fertilisants chimiques ou organiques. A ces déficiences en éléments fertilisants du sol, s'ajoutent les déficiences en eau du sol, résultant des variations pluviométriques. De ce fait, il y a des terres à mil, des terres à sorgho, les champs de case de maïs. L'arachide remplace parfois des parcelles de mil. Les associations culturales sont limitées au mil/niébé, sorgho/niébé. Ainsi les rotations culturales sont toujours très peu pratiquées.

Conclusion:

On se rend compte de la complexité des facteurs qui agissent et déterminent le système agricole. Le plus important est la pluviométrie, qui, si elle est insuffisante ou mal répartie dans l'espace engendre la sécheresse et compromet l'aboutissement des récoltes. Si elle est trop abondante détruit les récoltes dans les bas-fonds. Le cultivateur doit jouer sur son intuition et prévoir la pluviométrie à venir afin de choisir les parcelles à cultiver. La persistance du système traditionnel s'explique aussi par la non maîtrise des variations pluviométriques. Des pluies tardives engendrent une pression sur la conduite des activités culturales. Le cultivateur cherche, tant bien que mal, dans ce cas là, à réaliser toutes les opérations. Il pense plutôt obtenir un minimum de récolte, qu'à l'utilisation d'une technique rentable.

b). Les activités économiques des cultivateurs et des éleveurs.

b1). Les activités économiques des cultivateurs.

Les cultivateurs ont pour activité principale la culture. Parmi les espèces cultivées, il y a les céréales (mil, sorgho, maïs, riz) les tubercules (ignames, patates), les légumineuses (niébé, Voandzou), les cultures de rente (coton, sésame , arachide) et les arbres fruitiers (manguier, goyavier). L'application d'une de ces spéculations varie d'une zone à l'autre en fonction des objectifs et des facteurs exogènes.

Parmi les facteurs exogènes, on peut citer: la pluviométrie, le type de terre disponible, le nombre d'actifs par exploitation. L'étude des systèmes de cultures effectuées par MILLEVILLE (1980) montre qu'en moyenne, l'unité de production agricole compte 5,5 personnes. Elle cultive 4 ha dont 44% en mil, 47% de mil sorgho et 9% de sorgho. Cette surface cultivée représente la surface récoltable. Elle est en moyenne de 10 à 15% inférieure à la surface semée. MILLEVILLE (1980) et PERETTI (1976) se rapprochent pour ce qui concerne la surface moyenne cultivée par habitant. Ils la situent à 0,8 ha par habitant. De plus, PERETTI note une grande variabilité de cette surface cultivée: 0,15 à 1,98 ha par habitant. Les superficies cultivées dépendent aussi de la densité de la population au kilomètre carré. Plus la densité est forte, plus les superficies par exploitation se réduisent (cf. tableau: 1.5) et plus les cultures gagnent du terrain sur le pâturage naturel.

La plupart des exploitations cultivent sans traction animale. L'utilisation d'équipement (charrue ou houe manga) est estimée à 16% des exploitations dans la province du Yatenga et à 19% dans le Passoré (Recensement national, CRPA du nord). Jaeger (1986) conclut que la traction animale n'est pas rentable pour les exploitations avec moins de 5 actifs. Les deux ou trois personnes qui sont nécessaires pour escorter les animaux ne sont pas toujours disponibles quand d'autres activités manuelles, comme les semis, prennent place. Cela met en évidence le rôle des différences structurelles des exploitations sur les rendements. Les parcelles cultivées à la main et celle avec traction présentent souvent des systèmes de production différentes.

D'autres auteurs, Nicou, 1985 et Pieri, 1985 considèrent que l'effet positif de la traction sur les rendements se situe au niveau du labourage (porosité du sol, infiltration de l'eau, développement rapide des racines).

A côté de la culture toutes les exploitations pratiquent l'élevage soit de bovins, soit de petits ruminants (moutons, chèvres), soit d'asins, d'équins, soit de volailles (poules, pintades). Mais elles ne prodiguent que peu de soin à ces derniers. Moutons, chèvres, volailles sont enfermés dans des cases la nuit afin de les protéger des voleurs et des intempéries. Dans la zone de recherche, on trouve toutes les espèces sauf les camelins. Mais toutes les exploitations ne possèdent pas toutes ces espèces. Les plus dominantes sont les ovins, les caprins et la volaille, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau A1.9: Nombre moyen d'animaux par exploitation selon les espèces et le village.

Espèces	Kalamtogo	Baszaïdo	Lankoé
Bovins	1	3	3
Asins	2	1	2
Equins	0	0	1
Ovins	10	7	8
Caprins	19	10	12
Poules	36	24	15
Pintades	18	4	11

Source: Ouédraogo, Maatman, Nignan, Gué et Sawadogo (1995 P.75).

Ce système d'élevage combiné à la culture est appelé Système Agropastoral à Dominance Culturelle (SADC). L'élevage dans ce système a de multiples fonctions qui sont d'ordre socio-économique et culturel. Il s'agit premièrement, des fonctions d'accumulation de revenu et d'épargne.

La vente en cas de besoin d'argent, est une façon d'immobiliser temporairement l'épargne tout en la faisant fructifier. A ce titre, les paysans accordent plus d'importance au nombre d'animaux qu'à la productivité. Ce système permet aux paysans de gérer les risques liés aux aléas de toutes sortes (mauvaise récolte, déficit alimentaire pendant la soudure, économique); deuxièmement des fonctions rituelles: les abattages lors des événements familiaux, dotes, funérailles, sacrifices.

Les cultivateurs pratiquent aussi l'embouche pendant la saison sèche. Cette embouche est réalisée à partir de pailles, fanes et son, conservés à cet effet et associés suivant les disponibilités à des sous-produits agro-industriels (Disset, R.; 1985). Par exemple en 1992, l'ONAVET a distribué pour tout le pays 824,71 t. de son de blé, 608,88 t. de tourteaux de coton; 2144,96 t. de graine de coton et 28,38 t. de pierre à lécher.

b2). Les activités économiques des éleveurs.

Nous distinguons deux systèmes d'élevage pratiqués par les éleveurs: le système nomade et le système transhumant. Les éleveurs sont définis ici comme ceux qui ont pour occupation principale l'élevage.

- Le système pastoral ou système nomade.

Le système pastoral est pratiqué par les Pasteurs ou nomades. Le nomadisme consiste en un déplacement perpétuel au gré des pluies et des points d'eau.

Il est caractéristique des régions semi-arides septentrionales; et dominé par l'élevage de bovins, essentiellement de zébus. Ce système évolue aujourd'hui vers le Système Agropastoral à Dominance Pastorale (SADP). Les raisons de cette évolution sont les suivantes:

- *l'impossibilité de subsister grâce aux seuls produits et revenu de l'élevage par suite de la sécheresse et des maladies;*
- *le fait que les zones de pâtures et les pistes de transhumances sont occupées par les cultures.*

Ces pasteurs n'exploitent pas les terres de façon continue. Ils passent beaucoup plus de temps avec les animaux (FAO,1985). Cette tradition influe sur le volume de travail et le temps consacrer à leurs activités de cultures. Ils vivent plus ou moins fréquemment au contact de systèmes culturaux dans les régions de parcage. En saison sèche, ils vivent à proximité des puisards. Dès les premières pluies ils descendent au sud à la recherche des pâtures. A la fin du mois de Juillet, après avoir semé le mil, ils repartent plus au nord pour les pâtures et la cure salée. A la fin du mois d'Août, ils reviennent pour le sarclage avant de retourner au nord pour la cure salée. A la fin d'Octobre, ils regagnent leur point de départ pour les récoltes.

Il est à signaler que tous ces déplacements concernent tout le groupe avec les animaux, mais en général, l'amplitude n'excède pas 20 kilomètres en tenant compte des champs de culture, des points d'eau, de la cure salée. Ce système tend à ne plus exister. En plus du processus de sédentarisation, ces pasteurs se concentrent dans les zones pastorales aménagées créées par l'Etat. Ces zones au nombre de sept sont: Nouhao, Sondré-Est, Sidéradougou, Samorogouan, Yallé, Gadeghin et Mankarga V7.

- Le système agropastoral à dominance pastorale (SADP).

Le système agropastoral à dominance pastorale (SADP) est pratiqué par les Pasteurs sédentarisés. Ils associent l'élevage à la culture avec une prédominance de la production animale. La transhumance est la caractéristique fondamentale de ce système. Ici, la famille entière ne se déplace pas. Les personnes âgées ne se déplacent pas et sont chargées de veiller sur les cultures. Les bergers, eux, font la transhumance. Lorsque les points d'eau ne sont pas éloignés du campement, les animaux sont conduits le matin vers ces points d'eau et retournent le soir pour être enfermer dans des enclos situés sur les parcelles aux alentours des concessions.

Dans le domaine de la production animale, l'objectif fut et demeure encore la recherche du prestige et de la différenciation sociale. De ce fait, ce système est caractérisé par l'absence d'une gestion rationnelle du troupeau, la faible productivité et le surpâturage. Le troupeau est caractérisé par un grand nombre de femelles et de quelques mâles âgés (cf. tableau ci-dessous).

Tableau A1.10: Composition des troupeaux selon les espèces (en %)

Age	Bovin		Ovin		Caprin	
	M	F	M	F	M	F
0-1 an	6,1	7,8	19,8	22,6	22,4	26,3
1-2 an	5,0	6,3	6,1	10,8	4,8	11,2
2 et +	19,1	55,7	3,5	37,2	2,2	33,1
Total	30,2	69,8	29,4	70,6	29,4	70,6

Notes: M = Mâles; F = Femelles.

Source: Meyer, 1989 pour les bovins; MAE/PSA, 1990 pour les autres.

La culture quant à elle est essentiellement vivrière.

Ces agro-pasteurs se distinguent par leur manière d'exploiter leurs terres et tirent profit des possibilités d'intégration des productions animales et végétales. En effet, le système de parcage rotatif sur les parcelles permet de les fertiliser. A la nuit tombante, les animaux sont rassemblés dans un enclos situé sur une parcelle au-delà de celles cultivées. Ces dernières avaient servi d'enclos au cours de la saison sèche précédente. Rappelons que les parcelles des agro-pasteurs se trouvent autour de leurs concessions. Delgado (1979) montre comment la judicieuse utilisation du fumier bovin, en tant qu'engrais, permet à ces agro-pasteurs de dépasser, sur de petites portions de leurs champs, les rendements de culture des paysans. Cela malgré le fait qu'ils consacrent beaucoup moins de temps aux travaux des champs (sarclage notamment), compte tenu de la forte demande en main-d'oeuvre en matière d'élevage.

Dans ce système les produits de culture ne suffisent pas pour couvrir les besoins alimentaires annuels de la famille. De Boer et al soulignent que la récolte en céréale en 1989 suffisait pour couvrir les besoins céréaliers des Peuls pendant environ 6 à 9 mois. Ils indiquent que les éleveurs (Peulhs) sont obligés d'acheter des céréales en vendant du bétail pour couvrir les trois mois qui restent. Pour Delgado (1979 P.29), la plupart des familles prétendent acheter 2 à 3 sacs (environ 250 kg) de mil par an.

ANNEXE 2: ESTIMATION DES PARAMETRES DU MODELE.

Ces dernières années, les autorités Burkinabès ont initiées beaucoup d'études sur le cheptel. On peut citer l'Enquête: National sur les Effectifs du Cheptel (ENEC), réalisée en 1989; l'étude sur les paramètres zootechniques des petits ruminants, réalisée par le Ministère de l'Agriculture et de l'élevage, Projet Statistique Animale (MAE/PSA, 1990) et l'enquête sur le troupeau bovin au BURKINA FASO, menée par MEYER, J.F., de 1984 à 1986 dont les résultats sont publiés en 1989. En plus de ces études, des chercheurs tels que DELGADO (1978, 1979, 1980), MARCHAL (1983), DUGUE (1989), DE BOER et al. (1994), etc... se sont intéressés à l'élevage. Ces différentes études fournissent les paramètres ou ont servis de base à leur calcul. Ces paramètres sont: le nombre d'animaux par exploitation, l'origine et le devenir des animaux, les pâturages et les résidus de culture, la main-d'oeuvre, la quantité de fumure produite par animale.

A.2.1. Nombre d'animaux par exploitation.

L'Enquête National sur les Effectifs du Cheptel (E.N.E.C.) permet d'avoir une connaissance générale sur la répartition du cheptel au niveau des CRPA, selon les ethnies, la taille de la concession et le nombre d'animaux par personne. Nous présentons dans le tableau ci-dessous le nombre moyen d'animaux par personne pour trois provinces.

Tableau A2.1: Nombre moyen d'animaux par personne selon les espèces et les provinces du Yatenga, du Passoré et du Sourou (en unité).

Provinces	Bovin	Ovin	Caprin	Porcin	Asin	volaille
Yatenga	0,2	0,8	1			1,6
Passoré	0,1	0,6	0,7			2,1
Sourou	0,3	0,7	0,9	0,1	0,1	2,3

Source: E.N.E.C., 1989.

Les études villageoises qui se sont vraiment intéressées aux nombres d'animaux par exploitation ne sont pas nombreuses et ne concernent généralement pas la région d'étude.

On peut citer:

- celle de Delgado Christopher, qui concerne le Sud du Burkina Faso dans la région de Tenkodogo, où Oueguedo était le village d'étude. Delgado a mené ses enquêtes sur le terrain d'Octobre 1975 jusqu'en Juin 1977. Pendant la période d'Avril 1976 à Mai 1977, une enquête a concerné un échantillon de 30 exploitations paysannes (sédentaires) de la région.

De Janvier à Juin 1977, une autre enquête a concerné 20 exploitations Peulhes de la région;

- celle de De Boer et Kessler (1994), plus récente qui concerne aussi le Sud du Burkina Faso dans la province de la Sissili, où Tô était le village d'étude. Elle analyse l'occupation des terres, le système d'élevage des éleveurs (Peulhs) et des cultivateurs (Mossis et Gourounsis) et les relations entre ces deux groupes.

Les résultats de ces études concernant le nombre d'animaux se présente comme suit:

Tableau A2.2: Nombre d'animaux par ethnie selon les auteurs.

Espèces	De Boer et al., 1994 (par personne)			Delgado, 1980 (par ménage)		
	G.	M.	P.	B.	M.	P.
Volailles	3,1	2,8	-	-	-	-
Anes	0,08	0,07	-	0,37	0,39	0,36
Ovins	0,26	0,12	1,0	4,63	2,93	9,71
Caprins	0,29	0,50	0,3	2,83	1,61	6,43
Bovins	0,11	0,09	5,0	1,37	0,25	17,69
Chevaux	-	-	-	0,3	0,00	0,07
Porcs	-	-	-	0,3	0,68	-

Note: G=Gourounsi, M=Mossi, P=Peulh, B=Bissa.

Sources: Les auteurs incorporés.

Les enquêtes de l'équipe INERA/NORD-OUEST et celle de DUGUE au Yatenga fournissent des résultats par exploitation:

Tableau A2.3: Nombre moyen d'animaux par exploitation selon l'espèce et le village.

Espèces	INERA/Nord-Ouest			DUGUE, J., 1989; P.169		
	Kalam.	Basz.	Lank.	Sabou.	Bouk.	Ziga
Bovins	1	3	3	1,6	0,2	1,9
Asins	2	1	2	0,4	1,1	0,8
Equins	0	0	1			
Ovins	10	7	8	20	22	12
Caprins	19	10	12			
Poules	36	24	15			
Pintades	18	4	11			

Kalam = Kalamogo, Basz = Baszaido, Lank. = Lanké, Sabou. = Sabouna, Bouk. = Boukéré

Dugue Patrick, faisait partie d'une équipe interdisciplinaire engagée au Yatenga par l'INERA en coopération avec le Département Systèmes Agraires (DSA) du CIRAD. Durant 6 ans (1982 -1987) des études de villages ont été menées. Trois villages faisaient l'objet de ces études: Boukéré à l'est de Ouahigouya, Sabouna au Nord et Ziga au Sud. Dugue, P. (1989) étudie les possibilités et les limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers.

Bien que la comparaison de ces études reste difficile, les bases n'étant pas les mêmes (par personne, par exploitation), les régions aussi; elles donnent néanmoins des tendances générales. On peut retenir que les exploitations possèdent beaucoup plus de volaille, ensuite les petits ruminants et enfin les gros ruminants. Une classification plus fine donnerait: volaille, caprins, ovins, bovins, asins.

Avant d'aborder en détail les paramètres zootechniques, nous donnons un aperçu de la situation de l'élevage à travers quelques paramètres.

Le tableau suivant montre que la principale origine des animaux est la naissance dans le troupeau. Le nombre d'animaux né dans le troupeau varie entre 90 et 95% (Tableau A2.4). L'origine par achat n'est pas fréquente, on constate que les femelles sont plus achetées que les mâles et que les achats sont plus nombreux au centre et au sud mais presque rarement au Nord (MAE/PSA, 1990).

Les cas de dons et de confiage sont très rares pour les petits ruminants mais n'est pas négligeables pour les bovins.

Tableau A2.4: Origine des animaux (en %).

Origine	Ovins	Caprins	Bovins
Né dans le troupeau	92	94,3	91,1
Achats	7	4,5	4,4
Autres (confiages, dons, échanges)	1	1,5	4,5

Source: Meyer, 1989; MAE/PSA, 1990.

DEVENIR DES ANIMAUX.

Tableau A2.5: Devenir des ovins et caprins en %.

Devenir	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Groupe 4	
	Ov.	Cap.	Ov.	Cap.	Ov.	Cap.	Ov.	Cap.
Présent	63,1	57,9	67,6	62,0	55,5	42,2	66,4	57,5
Morts	11,4	9,7	13,1	9,0	14,7	26,8	10,5	17,9
Ventes	20,0	26,7	15,1	17,4	24,2	26,6	16,4	20,1
Don. Echange	2,6	3,1	0,6	0,8	0,0	0,0	1,3	0,6
AutoConsomm.	1,7	0,5	1,7	6,7	2,4	2,4	4,6	3,4
Vol. Pertes	1,3	2,0	2,0	4,1	3,2	1,9	0,7	0,6

Source: MAE/PSA, 1990.

Tableau A2.6: Devenir des bovins selon les régions (%).

Régions	SAH.	C.EST	CENT.	C.O.	SIS.	H.B.	ENS.
Présent	77,0	60,2	65,8	69,6	57,6	65,2	66,7
Mort	11,6	18,2	17,8	14,0	13,5	12,8	14,7
Vente	4,6	13,8	7,4	7,5	19,3	5,5	9,3
Expl.Div.	0,1	2,7	1,5	1,9	1,2	1,1	1,5
Vol, Perte	0,3	0,3		0,2	0,4	0,7	0,3

Note: SAH. = SAHEL, C.EST = CENTRE-EST, CENT. = CENTRE, C.O. = CENTRE-OUEST, SIS. = SISSILI, H.B. = HAUT-BASSINS, ENS. = ENSEMBLE.

Source: Meyer, 1989.

A.2.2. PARAMETRES ZOOTECHNIQUES.

Les paramètres zootechniques sont étudiés à partir de l'enquête du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, *Projet Statistiques Animales (MAE/PSA, 1990)*; de l'enquête de MEYER, J.F., 1989 sur le troupeau bovin; et des enquêtes de BOURZAT, D., 1980.

a). Présentation de ces enquêtes.

L'enquête du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage concernait seulement les petits ruminants (ovins et Caprins). Elle s'est déroulée en Juillet 1988 et a touché neuf provinces. Les neuf provinces ont été réparties en quatre groupes comme suit:

Tableau A2.7: Typologie régionale de l'échantillon enquêté.

Groupes	Provinces concernées	Nombre d'éleveurs
Groupe 1	Bam, Oubritenga, Sanmatenga	60
Groupe 2	Boulkiemdé, Sanguié, Passoré	61
Groupe 3	Zoundwéogo, Nahouri	45
Groupe 4	Kouritenga	21

Source: MAE/PSA, 1990.

La méthodologie d'enquête fait surtout appel à la mémoire des éleveurs pour la reconstruction des événements. Le protocole d'enquête prévoyait 18 à 25 troupeaux par province à raison de 30 têtes chacun. Mais ce quota n'a pas été partout respecté, en raison de la méfiance des éleveurs (MAE/PSA, 1990). La notion de troupeau se réfère à l'ensemble des animaux qui pâturent ensemble, qui ont le même habitat et qui sont gérés par une même personne.

L'enquête de MEYER, sur le troupeau bovin s'est déroulée en deux phases. La première concernait les régions du Centre, Centre-Est, Centre-Ouest, Sissili, et Hauts-Bassins. Cette première phase a débuté en Novembre 1984 et s'est achevée en Mai 1985. La deuxième concernait le Sahel et s'est déroulée de Janvier à Mai 1986.

Tableau A2.8: Données issues de l'enquête

Région	Nbre de troupeaux enquêtés	Nbre d'animaux recensés
Sahel	259	12 495
Centre-Est	177	9 080
Centre	184	8 902
Centre-Ouest	287	17 050
Sissili	110	7 002
Hauts-Bassins	147	9 510
Troupeaux "extérieurs"	11	713
Total	1 175	64 752

source: Meyer, 1989.

BOURZAT, D., travaillait dans le cadre du Projet Petit Ruminant et Aviculture (P.P.R.A.) basé au Yatenga. ce projet initié après la sécheresse de 1973-74, visait deux objectifs:

- reconstitution du cheptel en diminuant le taux de mortalité et en augmentant le taux de fécondité;
- augmentation de la production par action sur les conditions d'alimentation, les modalités d'exploitation et l'introduction de races locales améliorées.

Le projet a touché 10% de l'effectif du cheptel de la province à cette époque.

b). Structure des troupeaux

L'étude du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Projet de la Statistique Animale (MAE/PSA), 1990, sur les paramètres zootechniques des petits ruminants montre que la répartition globale des mâles et des femelles chez les caprins et les ovins est identique. On compte 29,4 % de mâles et 70,6 % de femelles.

L'une des caractéristiques de la structure du troupeau est le nombre élevé de jeunes de la classe d'âge de zéro à un an. A partir de un an cette proportion diminue fortement mais reste un peu élevé entre un an et trois ans. Cette différence proportionnelle s'accroît quand on regarde la structure entre mâle et femelle. La caractéristique essentielle est qu'il n'y a pratiquement plus de mâle à partir de sept ans pour les petits ruminants et 10 ans chez les bovins.

Tableau A2.9: Composition globale des troupeaux ovins et caprins en %

Classe	OVINS			CAPRINS		
	M.	F.	T.	M.	F.	T.
0-1 an	19,8	22,6	42,3	22,4	26,3	48,7
1-2 an	6,1	10,8	16,9	4,8	11,2	16,0
2-3 an	2,3	11,5	13,8	1,3	10,7	12,0
3-4 an	0,6	10,0	10,7	0,6	7,7	8,3
4-5 an	0,2	6,6	6,8	0,2	5,3	5,6
5-6 an	0,2	4,3	4,5	0,1	4,6	4,7
6-7 an	0,0	2,3	2,4	0,0	2,2	2,2
+ 7 an	0,1	2,5	2,6	0,0	2,6	2,6
Total	29,4	70,6	100	29,4	70,6	100

M=Mâles, F=Femelle, T=Total

Source: MAE/PSA, 1990 P. 7.

Tableau A2.10: Composition Globale du Troupeau Bovin en % (pour l'ensemble de la zone d'enquête).

Classe d'âge	Mâles	Femelles	Total
0-1 an	6,1	7,8	13,9
1-2 an	5,0	6,3	11,3
2-3 an	5,3	8,2	13,5
3-4 an	4,1	7,8	11,5
4-5 an	3,3	7,5	10,8
5-6 an	2,6	6,6	8,8
6-7 an	1,7	6,5	8,2
7-8 an	1,2	6,7	7,9
8-9 an	0,5	4,6	5,1
9-10 an	0,3	3,4	3,7
10-11 an		2,0	2,0
11-12 an		0,7	0,7
12-13 an	0,1	0,8	0,9
13-14 an		0,3	0,3
14-15 an		0,2	0,2
15 et +		0,4	0,4
Total	30,2	69,8	100

Source: Meyer, J.F., 1989. P.56.

c). Dynamique du troupeau

La dynamique du troupeau sera analysée sous l'angle du taux de fécondité, du taux de mortalité et du taux d'exploitation.

1. Le taux de fécondité

Il correspond au nombre d'animaux nés vivant divisé par le nombre de femelles reproductrices (ayant mis bas au moins une fois). Avant d'aborder le taux de fécondité proprement dit, nous parlerons de l'âge à la première mise bas et de l'intervalle entre les mises bas.

Selon l'étude de MAE/PSA, 1990, la majorité des femelles de petits ruminants mettent bas entre deux (2) et trois (3) ans d'âge. Ce qui est supérieur à ce qu'indique BOURZAT (entre 12 et 15 mois). En général, les femelles caprines mettent bas plus vite que les femelles ovines (entre un et deux ans d'âge). L'étude de l'IEMVT (1981) cité par MAE/PSA, 1990 indique des âges moyens de 23,5 mois pour les ovins et 19,5 mois chez les caprins.

L'intervalle entre les mises bas est de douze mois (12) chez les deux espèces. Il reste supérieur à la norme de huit mois généralement admis.

Le tableau suivant reflète ce qui a été déjà dit. Globalement le taux de fécondité est élevé chez les caprins que chez les ovins. Entre un et deux ans, on observe que le taux est plus élevé chez les caprins.

Tableau A2.11: taux de fécondité selon les espèces et les villages.

Classe d'âge (ans)	Ovins		Caprins	
	Son	Ziga	Son	Ziga
1 - 2	27,5	12,5	43,8	58,3
2 - 3	81,2	78,8	100,0	88,9
3 - 4	75,6	87,9	83,3	86,9
4 - 5	79,2	78,9	83,3	68,2
5 - 6	80,8	84,1	133,3	58,8
6 - 7	77,8	65,2	0,0	66,7
Total	67,8	72,1	80,5	77,0

Source: BOURZAT, D., 1980.

L'étude du MAE/PSA, 1990, donne des taux de reproduction (nombre de naissance en une année par femelle). Ils sont de 1,52 agneaux/brebis/an chez les ovins et de 1,63 chevreaux/chèvre/an chez les caprins respectivement dans le groupe 4 et 3. Il reste inférieur à 1,30 dans les autres groupes.

Chez les bovins l'âge à la première mise bas apparaît entre 4 et 5 ans. Mais c'est entre 5 et 6 ans que les vaches atteignent un niveau de fertilité acceptable. L'intervalle entre les mises bas est de 15 mois.

Tableau A2.12: taux de fécondité des bovins par classe d'âge selon les régions.

Classe	SAH.	C.EST	CENT.	C.O.	SIS.	H.B.
3 - 4	0,6	11,2	2,3	14,5	9,4	0
4 - 5	10,5	53,8	34,3	41,4	54,6	19,1
5 - 6	46,1	53,4	50,0	52,6	62,3	72,3
6 - 7	54,2	61,0	55,8	61,7	60,8	70,2
7 - 8	57,6	53,9	51,1	58,0	69,8	70,5
8 - 9	53,3	57,0	42,7	54,6	63,0	72,4
9 - 10	59,2	53,6	52,1	45,3	56,9	56,0
10 +	58,3	53,9	42,9	46,6	54,4	73,0

Note: SAH. = SAHEL, C.EST = CENTRE-EST, CENT. = CENTRE, C.O. = CENTRE-OUEST, SIS = SISSILI, H.B. = HAUTS-BASSINS.

Source: Adapté de MEYER, 1989.

On peut essayer, à partir des données de Meyer, de calculer des taux de reproduction de la façon suivante: nombre de produits issus des femelles sur le nombre de femelles. On obtient le tableau ci-après:

Tableau A2.13: taux de reproduction selon les régions.

Régions	Nombre de femelles	Nombre de produits issus de ces femelles	Taux de reproduction
Sahel	667	2007	3,01
Centre-Est	725	2122	2,93
Centre	613	1563	2,55
Centre-Ouest	729	2143	2,94
Sissili	333	1222	3,66
Hauts-Bassins	393	1194	3,04
Total	3492	10346	2,96

Source: Meyer, 1989; nos calculs.

Ces taux représentent le nombre de veaux par vache en 15 mois. Meyer a trouvé que l'intervalle entre les mises bas est de 15 mois. On peut aussi estimer le nombre de veau par vache en un an.

La fertilité est liée aux conditions écologiques et plus généralement aux conditions alimentaires. Meyer, 1989 constate que les vaches de la Sissili et des Haut-Bassins sont plus fertiles que les vaches de la zone sahélienne.

L'âge à la première mise bas se situe entre 5 et 6 ans, plus proche de 5 ans dans régions méridionales (sud) et plus proche de 6 ans dans les régions sahéliennes. Pour MAE/PSA, 1990 c'est dans le Nahouri et le Zoundwéogo, qu'on enregistre les meilleurs taux de fécondité.

2. Taux de mortalité

Le taux de mortalité est le rapport entre le nombre d'animaux morts (dans la classe d'âge considérée) dans l'année et le nombre d'effectif moyen des individus d'âge égal à cette classe au cours de la même année. MAE/PSA, 1990 prend en compte dans le taux de mortalité, les animaux morts, les morts-nés et les pertes. Le taux de mortalité est en général très élevé entre zéro et un an. De l'ordre de 17,8 % en moyenne pour les petits ruminants et de 8,2 % pour les bovins. Dans la classe un à deux ans, le taux est en moyenne de 7 % pour les ovins et caprins et de 4,5 % pour les bovins. Chez les bovins ce taux augmente légèrement dans les classes 4-5 ans et 5 et + (MEYER, 1998 P. 105).

Tableau A2.14: Taux de mortalité selon les espèces et les classes d'âge.

Classe d'âge	Ovins	Caprins	Classe d'âge	Bovins
0 - 1 an	17,3	18,3	0 - 1 an	8,2
1 - 2 ans	7,5	6,5	1 - 2 ans	4,5
> = 3 ans	9,2	3,8	2 - 3 ans	3,8
			3 - 4 ans	1,5
			4 - 5 ans	2,0
			5 et +	2,5

Sources: MAE/PSA, 1990; MEYER, 1989.

Les quotients de mortalité annuelle ne permettent qu'un jugement grossier. Ils donnent la probabilité de mourir, durant une année d'un bovin pris au hasard dans le troupeau. Pour l'ensemble du troupeau bovins, la probabilité de mourir d'un mâle est de 6,4 %; elle n'est de 4,2 % pour les femelles. La mortalité annuelle est de l'ordre de 5 % sexes confondus. Meyer (1989) montre, par région, que la mortalité est plus faible au sahel (3,5 %) mais plus forte au centre et dans les haut-Bassins (respectivement 6,5 et 6 %). Parmi les causes énumérées, il y a les mortalités dues aux maladies (62,9 %), les mortalités dues aux accidents (5,6 %) et la mortalité due à la faim (31,5%). Pour les petits ruminants (MAE/PSA,1990), les taux suivent la même logique, ils sont plus élevés dans la zone sud (Nahouri, Zoundwégo).

3). Le taux d'exploitation.

Pour MAE/PSA,1990, le taux d'exploitation prend en compte les ventes, l'autoconsommation, les dons et les échanges. Pour les deux espèces, le quotient d'exploitation moyen est de 29 %. Il est légèrement supérieur chez les caprins (environ 32,2%).

Entre mâles et femelles, il existe une grande différence: 45,8% pour les mâles et 13,8% pour les femelles. Chez les caprins mâles, l'exploitation serait maximale dans la classe 1 - 2 ans (72,4%). En rappel, les taux d'exploitation utilisés pour les différentes projections en matière d'élevage au niveau national sont de 25% et 30% respectivement pour les ovins et caprins.

Tableau A2.15: Taux d'exploitation selon les classes d'âge.

Classe d'âge	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Groupe 4	
	Ov.	Cap.	Ov.	Cap.	Ov.	Cap.	Ov.	Cap.
0-1	19,8	21,5	12,8	20,9	31,9	30,8	21,0	9,4
1-2	44,6	55,8	30,5	52,7	26,6	44,0	25,0	44,2
2-3	9,5	28,8	13,7	46,7	25,6	40,0	30,0	50,0
> =3	0,0	0,0	26,9	13,5	45,0	42,9	30,8	30,0
Tot.	25,8	33,1	20,3	30,3	31,7	35,2	23,9	25,9

Note: Ov. = Ovin; Cap. = Caprin.

Source: MAE/PSA,1990.

En général, les taux d'exploitation sont faibles, de l'ordre de 26% chez les ovins et 32% chez les caprins. L'exploitation des animaux est forte à partir de un an. Dans la classe d'âge 1-2 ans, elle est de 39% chez les ovins et de 51,4% pour les caprins.

La notion d'exploitation introduite par Meyer (1989), pour les bovins couvre les confiages (0,4%), les dons y compris les dots (0,5%), les échanges (0,4%), et les animaux sacrifiés et autoconsommés (0,3%). Les résultats détaillés montrent que le taux d'exploitation varie énormément en fonction des sexes, les mâles sont beaucoup plus exploités que les femelles. Pour l'ensemble du troupeau, la probabilité d'un mâle d'être exploité est de 6,8%, elle n'est que de 1,1% pour les femelles. Le taux moyens d'exploitations annuelle pour les deux sexes confondus est 3,5%.

Le déséquilibre entre exploitation des mâles et exploitation des femelles est présent dans toutes les classes d'âges.

Tableau A2.16: Taux d'exploitation (en %) des bovins par classe d'âge selon les régions

Cl. d'âge	SAH.	C-EST	CENT.	C.O.	SIS.	H.B	ENS.
0-1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	
1-2	0,2	5,0	1,2	0,8	17,0	2,7	2,9
2-3	0,7	14,2	5,5	4,2	27,9	7,0	7,0
3-4	3,0	9,9	6,5	6,3	24,5	5,4	6,1
4-5	4,5	5,8	8,8	13,1	25,5	7,6	7,4
5 et +	6,8	6,3	12,4	8,7	28,0	5,4	7,9

Note: SAH. = SAHEL, C-EST = CENTRE-EST, C.O. = CENTRE-OUEST, SIS = SISSILI, H.B = HAUT-BASSINS, ENS. = ENSEMBLE.

Source: Meyer, 1989.

Tableau A2.17: Résumé des paramètres zootechniques par espèces.

ESPECES	OVINS		CAPRINS		BOVINS	
	Mâle	Femel	Mâle	Femel	Mâle	Femel
Composit. des troupeau						
0 - 1 an						
1 - 2 ans	19,8%	22,6%	22,4%	26,3%	6,1%	7,8%
2 et +	6,1%	10,8%	4,8%	11,2%	5,0%	6,3%
	3,5%	37,2%	2,2%	33,1%	19,1%	55,7%
taux de mortalité						
0 - 1 an	17,3 %		18,3 %		8,2 %	
1 - 2 ans	7,5 %		6,5 %		4,5 %	
>= 3 ans	9,2 %		3,8 %		12,1 %	
Taux d'exploitat.						
0 - 1 an	18,1 %		23,2 %		0,0 %	
1 - 2 ans	37,4 %		51,4 %		2,9 %	
2 - 3 ans	10,9 %		38,9 %		7,0 %	
Taux reproduct. par an	1,21 ag/br		1,32 ch/ch			

Sources: MAE/PSA, 1990; MEYER, 1989.

A.2.3. PRODUCTION DES PÂTURAGES.

Dans ce qui suit, nous nous intéresserons aux ressources naturelles fourragères. Nous ne rentrerons pas dans la classification des pâturages, ni des différentes espèces les constituant. Nous éviterons aussi les termes techniques utilisés par les spécialistes de ces questions. Notre objectif est d'arriver à une estimation des potentialités fourragères.

a). *L'image de la végétation.*

La végétation de la région est constituée par des savanes arbustives (à arbustes généralement clairsemés) et surtout arborés (à arbres et arbustes éparpillés) qui alternent avec des champs et jachères (Naegele, A., 1985).

Le couvert herbacé de ces savanes est caractérisé par des espèces de graminées vivaces et hautes (supérieures à 100 cm) dont certaines peuvent atteindre 2 à 3 m de haut qui dominent une strate inférieure composée de graminées vivaces et annuelles, ainsi que des plantes appartenant à d'autres familles.

Le couvert ligneux, généralement clair, est surtout caractérisé par des arbres préservés pour leur utilité, comme l'arbre à beurre ou karité, le néré, le caïlcédrat, le tamarinier, le baobab, etc...

En dehors des steppes arbustives sahéliennes, des divers types de savanes soudaniennes, des forêts claires et de galeries forestières, il existe dans toutes les régions du pays des formations végétales liées aux bas-fonds où s'accumulent les eaux de pluie, aux vallées périodiquement inondées par les crues de rivières, etc... et qui sont qualifiées de prairies aquatiques, marécageuses (Naegèle, A., 1985). Ces prairies présentent un tapis très dense d'espèces herbacées appartenant à différentes familles parmi lesquelles les graminées et les cypéracées sont nettement prédominantes. Les herbivores domestiques se nourrissent essentiellement des productions appétibles (consommables) de la flore composant les différentes formations végétales mentionnées ci-dessus, à l'exclusion des forêts galeries. Les espaces occupés par ces formations sont donc des espaces pastoraux ou terres à pâturage.

Marchal (1983), donne une distinction plus fine selon l'état de la couverture végétale. Ses investigations faites auprès des pasteurs montrent que "les terres hautes, couvertes de taillis, induisaient la notion de permanence. Le contre-bas (le piemont) est une étendue plane où les graminées se développent très peu. En revanche, sur le glacis, sol léger, facile à cultiver est aussi le lieu où le tapis graminéen est riche. Le bas-versant fait référence à un complexe sol-eau-végétation associant plusieurs caractères: le sol est argileux et en légère déclivité et l'herbe pousse bien sous les arbres. Enfin, les bas-fond présente la même richesse fourragère que les bas-versant; mais est, en plus, le "lieu des passages d'eau". On y trouve, outre les marigots, les petites mares et parfois de grandes mares, les unes et les autres entourées d'herbes et de ligneux.

Quand les mares sont vides, l'eau est toujours facilement accessibles dans les bas-fonds, au moyen de puisards ou de puits. "

Ses estimations faites dans le terroir de Faogodo, au Yatenga, en 1973-75, montrent que sur l'ensemble des hautes terres (hauts-versants- interfluves), 70 % étaient ouverts toute l'année au bétail. Cependant, sur l'ensemble, 60 % étaient dégradés. Sur le plan de la dynamique de l'occupation de l'espace, il estime que 45,5 % du potentiel estimé selon les visées pastorales est amputé. Il l'est à 73 % sur les hauteurs et à 85 % sur les glacis et dans les bas-fond. Le domaine des pâtures se retrécit, se crispe sur les hauteurs et ne forme que des archipel dès que les pluies s'annoncent.

De l'examen des conditions pédologiques et géomorphologiques, dans trois villages au Yatenga, Gnoumou, B., 1992, arrive à la même conclusion que la quasi totalité des pâtures est située sur des sols squelettiques pauvres en matières organiques, impropres à la culture. La valeur nutritive de ces pâtures s'épuise dès la fin de la saison des pluies (Penning de Vries et Djitége, 1982; ; De Boer et al, 1994).

Marchal fait aussi une distinction des pâtures une fois la saison sèche établie:

- de la fin des pluies à Février, sont consommables en herbes et en graines, les espèces vivaces et les espèces annuelles;
- de Février à Avril, sont consommables en fourrages sec, les andropogons et les espèces annuelles;
- à partir d'Avril, les espèces arbustives (pâturage aérien) sont consommées.

b) Production des pâtures.

La production des herbacées est estimée par la biomasse (feuilles, fleurs, petits rameaux) disponible après la saison des pluies. Pendant l'hivernage, les herbacées représentent le fourrage le plus important et couvre 90% des besoins alimentaires des bovins (De Boer et al., 1994). Les ligneux fourragers fournissent aux animaux l'énergie et la matière minérale qui compense les carences constatées au niveau des herbacées, particulièrement en saison sèche. Ils sont appréciés pour leurs feuilles, fleurs, fruits et graines (Yacouba Sanon et al., 1994). La biomasse des ligneux est fonction de la densité des ligneux fourragers à l'hectare, qui dépend des conditions écologiques, notamment de la pluviométrie. Pour De Boer et al., cette densité est plus élevée dans les bas-fonds. La disponibilité du fourrage ligneux dépend de son accessibilité. Les bovins peuvent brouter jusqu'à une hauteur de 1,5 m (Bremner et de Ridder, 1991). Les bergers peuvent augmenter la fraction du fourrage ligneux accessible en coupant des branches.

Les tableaux suivants donnent les estimations des herbacées et des ligneux selon leur localisation. Dans les tableaux les symboles ont les significations suivantes:

S: cuirasse arbustive	P: prairie humide ou marécage
D: savane arborée peu dense	C: champs ou jachère (C ou J)
Sb: savane arbustive	H: C ou J sur sommets
A: savane arborée dense	b: C ou J dans les bas-fonds
R: forêt ripicole peu dense	B: savane boisée
F: forêt ripicole dense	N: surface dénudée

Tableau A2.18: Estimation de la production de la strate herbacée pendant une année sèche selon les unités.

Unité	Productivité (kg MS/ha)	Unité	Productivité (kg MS/ha)
S	500	P	9 000
D	2 750	C	3 500
Sb	3 500	H	3 000
A	3 300	b	4 000
R	4 000	B	4 000
F	4 000	N	0

Source: De Boer et al., 1994.

Tableau A2.19: Biomasse de la strate ligneuse en Février, après une année sèche, selon les unités.

Unité	Biomasse (kg MS/ha)	Unité	Biomasse (kg MS/ha)
S	296	P	0
D	425	C	350
Sb	436	H	350
A	556	b	350
R	608	B	608
F	608	N	0

Source: DE BOER et al., 1994.

A travers les études, il ressort que la productivité des espèces est fonction de l'état du sol, et de la pluviométrie. Pour Grouzis, M. (1984), la production de la strate herbacée est significativement liée à la pluviométrie moyenne (en mm) par la relation suivante:

$$Y = 0,22 P_m + 13,5 \quad \text{avec } r = 0,59 .$$

Dans cette relation, Y la biomasse est exprimée en kg/ha et P_m la pluviométrie moyenne en mm. Le coefficient de régression (0,22) représente l'efficacité de l'eau dans l'élaboration de la biomasse. Il dépend des interactions des facteurs climatiques, édaphiques et biotiques (Grouzis M., P. 10). Il fait remarquer que la valeur de la production globale de la phytomasse herbacée par mm de pluie incident (2,2 kg/ha) est tout à fait comparable à celles obtenues par d'autres auteurs en zone sahélienne: 2,4 pour DIARRA et BREMAN (1975), 2,58 pour Le HOUEROU et HOSTE (1977) et 3,3 pour CORNRT (1981).

Le Projet Suivi des Ressources Pastorales au Burkina Faso, a utilisé les travaux de LE HOUEROU (1980), qui estime le fourrage ligneux moyen consommable à 1 kg MS/mm/an, et le tableau des territoires phytogéographiques du Burkina Faso (Guinko, 1984) pour estimer la biomasse ligneuse. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après:

Tableau A2.20: Estimation de la biomasse ligneuse par an et par zone écoclimatique.

Climats Tropicaux	Pluviométrie (P) en mm	Production en M.S. (kg/ha/an)
Saharo-sahélienne	100 < P < 200	150
Sahélienne	200 < P < 400	300
Soudano-Sahélienne	400 < P < 600	500
Nord-Soudanienne	600 < P < 800	700
Sud-Soudanienne	800 < p < 1200	1000

Source: Koudougou, Z. et al. (1995).

L'ENEC donne une estimation des parcours (en ha) par U.B.T.: 7 ha/UBT pour le Passoré, 8 ha/UBT pour le Sourou et 6 ha/UBT pour le Yatenta. Nous considérons une moyenne de 7 ha/UBT pour toute la région. Nos calculs, de la pluviométrie moyenne de 1981 à 1992, donnent 571 mm de pluie par an (Annexe 1: Tableau A.10).

Avec ces informations, il devient facile d'estimer la disponibilité fourragère de la région. Commençons par la biomasse herbacée:

productivité: 2,2 kg MS/ha/mm,
 pluviométrie annuelle de la région: 571 mm,
 parcours moyen par animal: 7 ha/UBT.

On obtient par multiplication de ces trois termes: 8793,4 kgMS/UBT, comme disponibilité totale de fourrage herbacée pour une Unité Bétail Tropical (U.B.T.). pendant la période de Juin à Décembre.

L'Unité Bétail Tropical est une unité conçue pour comparer certaines caractéristiques des différents animaux. Elle représente un animal (un bovin) de 250 kg dont les besoins d'entretiens sont estimés à 2,5 kg de matières sèches (M.S) par jour pour 100 kg de poids vif, soit 6,25 kg de matière sèches ingérables par jour.

Pour les ligneux, nous considérons:

productivité: 1 kgMS/ha/mm/an,
 pluviométrie: 571 mm,
 parcours moyen par animal: 7 ha/UBT.

On obtient: 3997 kg MS/UBT.

Si on considère comme De Boer et al., que pendant quatre mois (janvier à Avril, soit 120 jours) environ 10 % de besoins fourragers du bétail sont couverts par la coupe des arbres, on obtient que: $6,25 * 120 * 10 \% = 75 \text{ kg MS}$. Cette valeur veut dire que pendant les quatre mois, 75 kg de matières sèches de fourrage ligneux sont nécessaires pour une UBT; alors que nous avons une disponibilité de 3997. Il n'y a donc pas de contrainte à ce niveau.

Les ressources alimentaires complémentaires sont les résidus de culture.

A.2.4. PRODUCTION DES RESIDUS DE CULTURE.

Si nous définissons la récolte comme tout ce qui est recueilli des champs pour la consommation humaine; alors, nous faisons une différence entre résidus de récolte et résidus de culture. Les résidus de récolte sont tous les produits issus de la récolte, en particulier, tous ceux qui ne sont pas propices à la consommation humaine. Ce sont les grains ou les épis qui n'ont pas atteint la maturité, les sons issus du traitement des grains.

Les résidus de culture comprennent non seulement les résidus de récolte mais aussi les produits laissés sur le champs tels que les tiges, les feuilles. Nous utiliserons le terme résidus de culture pour désigner cette deuxième catégorie. Lorsqu'il s'agira de la première catégorie, le type de résidus sera nommé explicitement.

a). Stockage des résidus.

Les résidus de culture stockés par les exploitations pour nourrir les animaux en saison sèche sont: les résidus (ou fanes) d'arachides, de niébé, les tiges de sorgho. Comme le montre le tableau ci-après, les foins naturels et la culture fourragère ne sont pas pratiqués. Les exploitations s'intéressent de plus en plus aux sous-produits agro-industriels (S.P.A.I.); mais ne sont pas pour l'instant pris en compte dans le modèle.

Tableau A2.21: Pourcentage des exploitations pratiquant des réserves alimentaires selon les sites.

Paramètres	Lankoé	Baszaïdo	Kalamtogo
Fanes d'arachide	82	81	96
Fanes de niébé	82	83	80
tiges de sorgho	76	92	96
Foin naturel	2	0	0
Cult. fourragère	6	0	0
S.P.A.I.	42	15,9	24

Source: INERA /RSP Nord-Ouest, 1989; P. 13.

Ces stocks se font en vrac sur les hangars ou entre des branches d'arbres dans la majorité des cas rencontrés; ce qui les prédispose aux effets des rayons solaires entraînant de ce fait des pertes en quantité et en qualité (perte de valeurs nutritives notamment en azote).

Les résidus de culture que nous considérons sont: les fanes d'arachides et de niébé, les feuilles et les tiges de mil et de sorgho (rouge et blanc). Les résidus de maïs sont moins importants parce que la récolte est précoce et les résidus sont disponibles pendant une période au cours de laquelle les animaux préfèrent encore les pâturages naturels (De Boer et al.). De plus le temps nécessaire pour stocker ces résidus n'est pas disponible et nous considérons que ces résidus sont perdus (détruits par les termites avant la période idéale de stockage de résidus).

b). Rendement des résidus.

MILLEVILLE, P. ET QUILFEN, J.P., 1981, ont estimé l'évolution des résidus de culture en termes de quantité (kg) de matières sèches par hectare. L'étude a été menée en 1979/80 autour de la mare d'Oursi, située au centre de la province de l'Oudalan au Nord du BURKINA FASO. Les mesures ont été effectuées sur quelques parcelles de deux terroirs: celui du village Songhai d'Oursi et celui de Lugga Kolel. Le nombre d'échantillons (stations) suivis était de deux à trois par parcelles. Les échantillons de Lugga Kolel n'ont pas fait l'objet de mesures à la récolte. Pour quantifier cette évolution, des pesées ont été réalisées en quatre périodes: au moment de la récolte des épis (6 au 19 Octobre), du 17 au 22 Novembre, du 15 au 20 Janvier et du 16 au 20 Mars. Nous donnons les résultats globaux dans le tableau suivant:

Tableau A2.22: Evolution en poids moyens des résidus de culture à Oursi et Lugga Kolel (kgMS/ha).

Sites	Octobre	Novembre	Janvier	Mars
Oursi	2120	1550	830	550
Lugga K.	-	2180	1470	830

Source: MILLEVILLE, P. ET AL., 1981.

A la récolte (Octobre) le poids total de résidus est en moyenne de 2120 kg MS/ha à Oursi et diminue jusqu'à 550 en Mars. A Lugga Kolel, on a 2180 kg MS/ha en Novembre et diminue aussi jusqu'à 830 en Mars. Les auteurs expliquent ces différences de rendements par le fait qu'à Lugga Kolel, il y a eu association de sorgho au mil, et que le sorgho est plus productifs que le mil.

L'estimation de la production fourragère des champs est aussi délicate. Pour une première approche nous partons des rendements moyens en grains des cultures estimés par MAATMAN et SCHWEIGMAN (1994) présentés dans l'annexe 6, tableau A6.4, page 195. A l'aide de ces rendements en grain et des coefficients de pondération permettant de passer des rendements en grain aux rendements en résidus, nous obtenons une première estimation de la production fourragère des champs. Les coefficients de pondération sont donnés dans la littérature. Comme MARCHAL (1983) le souligne en disant que "les tiges et les feuilles de céréales représentent généralement en poids à peu près le triple de celui des grains" Le coefficient pour les légumineuses généralement utilisé est de huit (8).

Tableau A2.23: Estimation des résidus de culture en kg/ha.

Cultures	Rend. en grain	Coeff.	Rend. en paille
Mais	1100	3	3300
Sorgho R.	475	3	1425
Sorgho B.	425	3	1275
Mil	330	3	990
Arachide	400	8	3200
Niébé	-	8	-

Source: Maatman et Schweigman (1994); nos calculs.

Les rendements du sorgho (blanc et rouge) sont comparables à ceux obtenus par Milleville, P. et al., 1981.

La disponibilité en résidus pour les animaux est calculée en tenant compte des ponctions faites par les paysans pour leur propre utilisation (construction, chauffage etc.), des pertes pendant le transport et le refus des animaux.

Si bien que les agrostologues travaillant en régions soudano-sahélienne estiment que les animaux prélèvent seulement le tiers de la masse végétale disponible (MARCHAL, 1983 P.595).

L'estimation de la disponibilité fourragère que nous avons faite n'est pas suffisante si l'on veut considérer la valeur alimentaire du fourrage. L'évaluation de cette valeur procède d'autres variables. D'une part, intervient la valeur énergétique, proportionnelle à la teneur en matières organiques (matières sèches moins les matières minérales) et inversement proportionnelle à la teneur en matières cellulosiques (MARCHAL, 1983 P. 592). Cette valeur énergétique est exprimée en unité fourragère (UF). Une unité fourragère correspond à la valeur énergétique d'un kilogramme d'orge. D'autre part, intervient la teneur en matières azotées digestibles (MAD) qui est proportionnelle à celle des matières azotées brutes (MAB) (MARCHAL, 1983, P. 592; citant BOUDET, 1975, P.58). On considère que les besoins énergétiques assurant l'entretien et la croissance de façon modérée d'un bovin "normalisé" de 250 kg sont de 3,3 à 3,3 UF/jour, soit 1100 à 1200 UF/an. Nous donnons quelques indications sur la valeur fourragère des pâturages.

Tableau A2.24: Valeur fourragère de quelques pâturages.

Fourrages	M.S.	M.A.D.	U.F./kg M.S.
Sorgho	77,4	0,00	0,30
Mil	85,0	1,90	0,36
Arachide	92,7	5,80	0,43
Niébé	89,4	9,20	0,60
Naturels (saison de pluie)	27,5	4,30	0,58

Note: M.S. = Matière Sèche; M.A.D. = Matière Azotée Digestible; U.F. = Unité Fourragère.

A.2.5. RESSOURCES EN EAU.

L'une des contraintes majeures à l'élevage sédentarisé est la disponibilité en eau pour l'abreuvement des animaux surtout en saison sèche. En saison des pluies l'abreuvement se fait dans les mares et les retenues d'eau. En saison sèche ce sont les puits et les forages qui sont les seules sources d'abreuvement. La seule ressource en eau de surface permanente est celle de la vallée du Sourou.

Le tableau suivant nous donne une idée des aménagements hydrauliques dans les différentes provinces de la zone d'étude.

Tableau A2.25: Puits, retenues d'eau (par unité) et capacité de stockage.

	P.P.	R.P.	R.T.	C.S.(1000m ³)
Passoré	2758	3	26	2.300
Sourou	5569	1	13	252.000
Yatenga	8915	5	36	28.250

Notes: P.P. = Puits Permanents, R.P. = Retenues Permanentes, R.T. = Retenues temporaires; C.S. = Capacité de Stockage.

Source: Fiche d'enquête campagne agricole 1991-92, MARA.

Les eaux des puits servent prioritairement aux besoins humains. Les retenues temporaires (barrages, mares) s'épuisent très rapidement dès la fin de la saison des pluies. Les retenues permanentes (barrages, fleuves) qui servent à l'abreuvement des animaux toute l'année ne sont pas nombreuses. Il n'y a qu'une seule au Sourou qui est la vallée du sourou; trois au Passoré et cinq au Yatenga. La Province du Sourou présente du point de vue de la capacité de stockage (252.000 mètre cube) la zone qui a le plus de potentialités.

Le problème d'eau ne se pose pas seulement en terme de quantité disponible, mais aussi en terme de travail pour puiser l'eau et l'amener aux bêtes et aux habitations. L'exhaure est réalisé à l'aide de puisettes dans les puits ou par quelques pompes manuelles et le transport se fait à l'aide de seaux. BARBIER, B. (1994) estime approximativement un (1) jour par mètre cube d'eau. La période critique est la période chaude (Mars, Avril, Mai) soit une durée de 100 jours. Différents auteurs ont estimé les besoins en eau des personnes et des animaux pendant cette période. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-après:

Tableau A2.26: Besoins journaliers en eau (en litres) des hommes et des animaux en période sèche (Mars, Avril, Mai)

Auteurs	SERPANTIE (1985)	OREV, Y. (1987)	BARBIER (1994)
U.B.T.	20 à 30	30	40
Petit Ruminant	8	5	
Homme	5 à 10	30	15

Avec ces chiffres on peut estimer les besoins en eau, pendant la période sèche, d'une exploitation élevant un certain nombre de bovins et de petits ruminants.

A.2.6. LA MAIN-D'OEUVRE

Un des grands problème de l'intégration culture-élevage est l'allocation de la main-d'oeuvre à ces deux activités. Pendant la période des cultures (Mai à Novembre) la concurrence est très forte en ce qui concerne la répartition de la main-d'oeuvre, surtout lorsque l'exploitation dispose des bovins. Pour Delgado, c'est pour éviter ce problème que les cultivateurs confient leurs bovins aux éleveurs (Peulhs). La pratique de l'élevage requiert un savoir technique: connaissance de l'animal, de ses besoins, appréciation qualitative et quantitative des ressources fourragères et une grande habileté à contrôler les animaux. Cette expérience n'est généralement pas possédée par les enfants à qui la garde des animaux incombent chez les cultivateurs. Nous analyserons d'abord la main-d'oeuvre allouée à l'élevage avant celle allouée à la culture.

a). *Main-d'oeuvre allouée à l'élevage.*

Dans le modèle présenté dans ce rapport, les heures de travail requises pour surveiller, nourrir et soigner les animaux jouent un rôle important. La difficulté majeure se situe au niveau de l'estimation des heures allouées à chaque activité et des données spécifiquement relatives aux "ménages cultivateurs". Peu de travaux de recherches ont été consacrées à l'estimation du temps alloué à chaque activité d'élevage. La seule source d'information pertinente se trouve dans les travaux de Delgado (1979, 1980) dont une grande partie de cette section est issue. Nous commençons par donner un aperçu de la division du travail d'élevage entre les membres de l'exploitation.

Tableau A2.27: *Division du travail chez les Mossi et Bissa (pourcentage du total d'heures passé à une tâche donnée attribuable à chaque catégorie de main-d'oeuvre).*

	Bissa			Mossi		
	8-14	15-60	61 +	8-14	15-60	61 +
Travail lié:						
Garde des champs	12 (0)	62 (100)	18 (0)	15 (5)	65 (94)	0 (0)
à la volaille	5 (5)	44 (50)	39 (44)	0	100	0
au petit bétail	31 (15)	40 (69)	6 (11)	57 (76)	15 (12)	0 (0)
au gros bétail	21 (6)	59 (87)	5 (0)	14 (31)	71 (68)	0

Note: les chiffres entre parenthèses concernent la saison sèche.

Source: Delgado (1980) P. 78, 80, 82 et 84.

Le tableau montre que la main-d'oeuvre pastorale est fournie en grande partie par la catégorie des membres de 15 à 60 ans. Cela n'est pas conforme aux observations Gnoumou, B. (1992) qui avance qu'en hivernage, les ovins et les ânes sont maintenus par des piquets aux abords du village, tandis que les ovins et les bovins sont conduits aux pâturages par des enfants de sept à quatorze ans. Sans doute la réalité au Plateau Central est différente que celle du Sud-Est où a eu lieu les observations de Delgado. Cette différence peut s'expliquer par les conditions environnementales et climatiques.

Le nombre d'heures moyen alloué à l'élevage par ménage chaque quinzaine est donné dans le paragraphe suivant.

Cette section examine la moyenne de main-d'oeuvre allouée chaque quinzaine par ménage à chaque espèce. Les estimations d'affectation de main-d'oeuvre aux bovins sont dérivées des pratiques pastorales des Peulhes (échantillon de vingt ménages) du fait qu'aucun des 41 ménages ne gardaient des bovins pendant la période des entrevues (Delgado, 1980). De plus le remplacement élevé de la volaille ne lui a pas permis de donner des chiffres par volaille. La moyenne des heures de travail leur étant consacrées est de cinq (5) par pièce pendant les deux premières quinzaines (Mai) et de deux heures pendant les quinzaines 15 et 16 (fin Novembre, début Décembre). Les chiffres indiquent les soins qui doivent être pris juste après l'ensemencement, jusqu'à ce que les graines germent et deviennent sans intérêt pour la volaille. Pendant la récolte du mil, les épis séchant à terre doivent être protégés des volailles.

Tableau A2.28: Nombre d'heures de travail moyen alloué à chaque catégorie d'activité associée à l'élevage, par ménage et par animal.

Quinzaine	Ovins et Caprins	Anes et Chevaux
1 [9 au 22 Mai]	15	35
2 [23 Mai 5 Juin]	15	41
3 [6 au 19 Juin]	16	42
4 [20 Juin au 3 Juil.]	21	56
5 [4 au 17 Juil.]	21	73
6 [18 au 31 Juil.]	23	84
7 [1 au 14 Août]	26	94
8 [15 au 28 Août]	27	92
9 [29 Août au 11 Sept.]	24	66
10 [12 au 25 sept.]	19	52
11 [26 sept. au 9 Oct.]	17	43
12 [10 au 23 Oct.]	17	52
13 [24 Oct. au 6 Nov.]	19	55
14 [7 au 20 Nov.]	19	54
15 [21 Nov. au 4 Déc.]	18	52
16 [5 au 18 déc.]	17	47
17 [19 Déc. au 1 Janv.]	17	51
18 [2 au 15 Janv.]	16	51
19 [16 au 29 Janv.]	16	47
20 [30 Janv. au 12 Fév.]	15	45
21 [13 au 26 Fév.]	14	45
22 [27 fév. au 12 Mars]	15	47
23 [13 au 26 Mars]	16	47
24 [27 Mars au 9 Avril]	16	50
25 [10 au 23 Avril]	15	47
6 [24 Avril au 7 Mai]	13	42

Source: Extrait de Delgado, 1980 P.99 et 111.

L'affectation moyenne de main-d'oeuvre d'un ménage à l'élevage est calculée en faisant la somme des heures attribuées à cette entreprise chaque quinzaine par chaque ménage et en la divisant par le nombre d'animaux élevés au moment de l'inventaire du troupeau (Delgado, 1980).

Le tableau indique, pour les deux catégories d'espèces présentées, que la main-d'oeuvre leur étant consacrée devient importante de la quinzaine 4 à 8. C'est la période de maturation des cultures. En ce moment, beaucoup de temps doivent être consacrés à la surveillance du troupeau. Plus les animaux sont gardés près des champs villageois, plus il est nécessaire de consacrer beaucoup de temps à leur garde (Delgado, 1980). A partir de la quinzaine 9, la quantité de main-d'oeuvre diminue jusqu'à atteindre son niveau le plus bas en Mai.

La distribution de la main-d'oeuvre par rapport aux petits ruminants au cours de quinzaines reste valable quelque soit la taille du troupeau. La grandeur absolue des chiffres sur la main-d'oeuvre par animal doit être interprétée prudemment, car ces chiffres ne sont valables que pour un petit troupeau ménager et concernent la main-d'oeuvre fournie, en majeure partie, par des enfants (Delgado, 1980).

Puisque Delgado trouve qu'aucun ménage de cultivateurs ne gardaient de bovins pendant la période de ses entretiens avec les paysans, la main-d'oeuvre pour la garde des bovins est dérivée de l'Echantillon Peulh.

Le tableau ci-dessous indique aussi que l'utilisation maximum de la main-d'oeuvre a lieu pendant la période de maturation des cultures, c'est de Mai à décembre. Le nombre d'heures par jour atteint son maximum (7,5 heures/j). Selon Delgado, rapportant les paroles des membres de l'échantillon, les enfants ne peuvent être employés durant cette période. En effet, plus de force, d'expérience et d'endurance sont requises durant cette période, afin de maintenir les animaux à l'écart des cultures. Plus de maturité est attendue d'eux, en ce temps-là, puisqu'une erreur de jugement peut tourner en un procès de dommages-intérêts très coûteux. Les enfants ont des responsabilités telles que le ramassage du foin pour les veaux et de feuilles qui éloignent les insectes lorsqu'elles sont brûlées la nuit. Les femmes vont au marché pour vendre le beurre et le lait en excédent; ces derniers abondent pendant la saison des pluies (Delgado, 1980 P.113).

Le nombre d'heures devient très faible de la quinzaine 17 à 22, c'est de Décembre à Février. Pendant cette période, les animaux peuvent manger les restes des récoltes et brouter sur les pâturages à l'intérieur du village. De Mars à Juin, le nombre d'heures est aussi important (6 heures/j). C'est la période sèche, les hommes ont pour tâches de creuser des puits (s'il n'existent pas) et/ou d'abreuver les animaux.

Le tableau donne une estimation optimiste des besoins en main-d'oeuvre pour deux Boeufs.

Tableau A2.29: Une estimation optimiste des besoins en main-d'oeuvre requis, par quinzaine, pour entretenir deux boeufs (heures).

Quinzaine	Saison	Total par Quinzaine	Total Journalier
1	Semailles, les pousses n'étant pas au-dessus de la surface	84	6
2		84	6
3	saison de maturation	105	7,5
4		105	7,5
5		105	7,5
6		105	7,5
7		105	7,5
8		105	7,5
9		105	7,5
10		105	7,5
11		105	7,5
12		105	7,5
13		105	7,5
14		105	7,5
15		105	7,5
16		105	7,5
17	Saison sèche suivant la récolte	35	2,5
18		35	2,5
19		35	2,5
20		35	2,5
21		35	2,5
22		35	2,5
23	Fin de la Saison sèche, le fourrage est rare dans les pâturage	84	6
24		84	6
25		84	6
26		84	6

Source: Delgado, 1980 P.117.

b). Main-d'Oeuvre Allouée à la culture.

Dans le rapport de Maatman et schweigman (1993) les heures de travail et le calendrier agricole sont présentés pour "l'Exploitation Centrale". Les activités distinguées sont la préparation des champs (nettoyage, labour), la fertilisation, le semis (y compris repiquage et resemis), les sarclages (premier, deuxième ou troisième) et la récolte.

Le calendrier agricole suit le rythme des saisons, c'est à dire l'alternance de la saison sèche et de la saison des pluies. Pendant la saison agricole, ils distinguent pour chaque champs, pour chaque parcelle, différentes étapes, dont chacune comprend plusieurs activités agricoles. Ces étapes correspondent en grande partie avec le cycle de croissance de la variété cultivée.

Tableau A2.30: Activités agricoles en fonction du cycle de croissance de la variété cultivée.

Etape	Cycle de croissance de la variété	Activité
1	-	Défrichement, préparation des champs.
2	-	Semis. transplantation resemis
3	--début de l'étape de croissance-- germination, émergence	Sarclage
4	--étape de végétation et de production-- initiation de la floraison, piage, floraison	Derniers sarclage, récolte.
5	--étape de maturation-- pollinisation, formation des graines	

Source: Maatman et Schweigman (1993), P.131.

Le moment exact d'une activité agricole et la main-d'oeuvre qu'elle exige dépendent non seulement de la pluviométrie et du cycle de croissance de la variété concernée, mais aussi du type de sol (et de la toposéquence) où celle-ci est cultivée. La demande en main-d'oeuvre pour le travail dans les champs connaît alors une fluctuation au cours de la saison. Dans la période de pointe, le maximum de main-d'oeuvre est employée. Maatman et schweigman (1993) citant Imbs (1987) donnent, comme exemple d'illustration, une description détaillée du travail fourni par deux familles au village de Kumtaabo (5 à 6 km au Nord de Koudougou).

Tableau A2.31: Durée d'une journée de travail dans les champs pendant la période de pointe du 16 juillet au 24 Août, 1973.

Nom et statut du travailleur	Durée horaire moyenne de la journée de travail
Issaka, chef d'exploitation	8,6
Yempoaka, épouse	7,1
Tinga, épouse enceinte	6,7
Kouliga, fille de 15 ans	7,8
sandaogo, fils de 13 ans	7,7
Bakary, aide temporaire	8,2
Ils mentionnent des observations ponctuelles faites à d'autres périodes de l'année indiquent des durées plus courtes.	

Source: Maatman et Schweigman, 1993; citant Imbs, 1987.

Après consultation des études villageoises (Malton et Fafchamps, 1988; McIntire, 1981, 1983; Singh, 1988), Maatman et Schweigman, estiment qu'un actif de l'exploitation peut travailler environ 6 heures par jours, pour 26 jours par mois sur les champs communs dans la période de Mai à Octobre. Ils considèrent que s'il n'y a pas de différence dans l'efficacité de travail entre les différents actifs et que toutes les tâches peuvent être exécutées par les différents actifs, la disponibilité totale de la main-d'oeuvre au sein de l'exploitation centrale est égale à 780 heures par mois.

A.2.7. QUANTITE DE FUMIER PRODUITE PAR ESPECE.

Les déjections des animaux sont utilisées soit directement sur les champs soit pour fabriquer du compost. Selon MAN NIGNAN (1995) "cette stratégie se rencontre dans tous les villages sites; elle est plus importante à Bazaido (86 %) et à Lankoé (93 %) où la disponibilité en terre semble réduite". Il note également que "la matière fertilisante n'est ni vendue, ni donnée; cela traduit non seulement sa faible disponibilité au niveau de toutes les exploitations des villages mais aussi la prise de conscience de la nécessité d'exploiter durablement les ressources naturelles en dégradation croissante".

L'estimation de la production de fumure animale varie selon les auteurs. Selon DELGADO (1980, P.149) citant McCALLA (1975), un animal adulte est supposé produire une tonne de fumier par an grâce au parcage nocturne. Cette valeur est aussi indiquée par LANDAIS et al. (1990) cité par BARBIER, B. (1994). Mais selon lui, la gestion actuelle ne permet de récupérer que la moitié (500 kg). Des estimation plus précises sont données en fonction d'une unité conçue (Unité Bétail Tropical) pour pouvoir comparer les caractéristiques des différents animaux. Une Unité Bétail Tropical (U.B.T.) est égale à un bovin d'environ 250 kg, équivalent à 10 ovins ou 10 caprins ou 5 porcins ou 2 asins. Selon LEEUW (1990) cité par RUIJS, A. (1994), Une U.B.T. produit 300 kg de fumure par an. BARBIER, B. (1994) admet que cette production en parcage essentiellement nocturne est de 350 kg/an. De 300 kg/an, on obtient qu'un petit ruminant (ovins, caprins) produit 30 kg/an, qu'un porcins 60 kg/an et qu'un asins à 150 kg/an.

On peut supposer que ces valeurs tiennent compte des pertes et représentent seulement les quantités récupérées. Car il y a de très grandes différences entre ces données et celles que nous trouvons à partir des déjections journalières par espèce fournies par Lhoste, P. et al. (1993). Ils fournissent la déjection journalière selon le poids de l'animal. Nous calculons la production annuelle en considérant 365 jours par l'année.

Tableau A2.32: Evaluation de la production de déjection par espèce (en kg) à partir des données de Lhoste et al.

Espèce	Poids vif (kg)	Déject. en kg par jour	Déject.en kg par an
Bovins	250-400	8	2920
Mouton	60-80	1	365
Porc	30-75	2	730
Poule	0,5-2	0,08	29,2

Source: Adapté de Lhoste, P. et al., 1993; nos calculs.

Selon BARBIER, B. (1994), "avec un apport de 5 kg de tige par animal et par nuit, on obtient deux tonnes (2000 kg) de fumier, si le paysan dispose de 5,3 bovins". Aussi, le fumier est apprécié selon ce qu'il peut produire en termes de céréales supplémentaires. Ainsi, DELGADO (1980) citant l'IRAT (1969) qu'une tonne de fumier représente 67 kg de sorgho supplémentaire.

A.2.8. PRIX DE VENTE ET D'ACHAT D'ANIMAUX.

La Direction de la Statistique Agro-Pastorale (DSAP) du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animale (MARA) fournit des informations sur les prix du bétail. Ces prix sont issus d'enquêtes menées sur quelques marchés à bétail à l'intérieur du pays (voir tableau).

A part les marchés de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso qui sont des marchés quotidiens, les autres sont soit des marchés qui se tiennent tous les trois jours soit des marchés qui se tiennent une fois par semaine. L'offre sur ces différents marchés après la dévaluation (Janvier 1994) permet de classer ces marchés en marchés pour l'exportation ou en marché pour la consommation. Sur les marchés du premier type, les offres après la dévaluation ont été plus importante qu'en 1993. Tandis que sur les marchés du second type, il y a eu baisse des effectifs totaux (DSAP/MARA, 1994). Nous présentons les effectifs des bovins comme illustration. Le lecteur intéressé peut consulter le bulletin statistique Annuel de 1994.

Tableau A2.33: Marchés, Fréquences, Effectifs et Prix des bovins.

Marchés	Fréquence	Effectif bovins		Prix bovins FCFA/tête	
		1993	1994	1993	1994
Ouaga	Quotidien	44223	35541	46200	56700
Bobo	Quotidien	52609	47050	30900	44400
Pouytenga	3 jours	100979	126170	50300	63800
Kaya	3 jours	28914	31447	38400	63600
Fada.	Hebdo.	34424	35615	37300	55200
Djibo	Hebdo.	21632	42531	34500	79400
Gorom.	Hebdo.	11908	15246	37500	58000
Bena	3 jours	4680	5583	24500	42500
Manni	3 jours	6222	7304	38700	57900
Nadiabonly	Hebdo	6552	6352	19800	36800
Tô	3 jours	5002	1401	26100	56400

Source: DSAP/MARA, 1994.

On peut constater, également, que les prix ont évolué à la hausse sur tous les marchés par rapport à leur niveau de 1993. Les prix varient aussi en fonction des classes d'âge et de la races (race sahélienne, race Mossi). Nous présentons dans le tableau ci-dessous les prix des ovins et caprins de race mossi selon les catégories (classe d'âge). Les jeunes sont des mâles ou femelles de mois de 18 mois. Le bélier est mâle de plus de 18 mois et la brebis une femelle de plus de 18 mois. Concernant les caprins, la chèvre est une femelle de plus de 18 mois et le bouc, un mâle de plus de 18 mois.

Tableau A2.34: Prix Annuel Comparatif d'Ovins et Caprins de Race Mossi (en centaine de FCFA/Tête).

Espèce	OVINS						CAPRINS					
	Jeune		Brebis		Belier		Jeune		Chèvre		Bouc	
Marché \ Année	1993	94	1993	1994	1993	1994	1993	1994	1993	1994	1993	1994
Ouagadougou	31	52	53	78	91	119	27	48	52	72	54	80
Bobo-Dioula	43	66	60	126	67	177	39	56	56	101	56	113
Pouytenga	31	57	44	69	57	124	29	50	42	65	42	80
Kaya	38	67	35	66	78	123	26	41	32	54	38	64
Fada N'gour.	30	51	39	65	61	94	22	41	37	54	49	66
Yilou	26	42	44	56	58	71	24	39	41	54	46	57
Bena	43	68	51	83	60	115	28	51	45	81	43	84
Manni	28	66	34	62	47	141	23	41	30	49	34	71
Nadiabonly	28	49	33	59	38	85	20	32	24	48	28	71
Tô	24	43	36	70	34	67	21	45	32	71	28	65

Source: DSAP/MARA, 1994.

Il est difficile de parler de prix aux producteurs et de prix aux consommateurs sur ces marchés; compte tenu des caractéristiques du commerce de bétail. Ces caractéristiques décrites par Willemijn V.H. et al, 1995, comporte trois étapes.

A la première étape, les animaux sont collectés (achetés) dans les villages, sur les marchés villageois par de petits commerçants (ou courtiers). C'est à ce niveau qu'on peut parler de prix aux producteurs. Ces courtiers (souvent mandatés par les commerçants) livrent les animaux achetés au niveau villageois aux commerçants placés sur les marchés à bétail. C'est la deuxième étape.

La troisième étape consiste à l'acheminement des animaux vers les pays côtiers (Côte d'Ivoire, Ghana). Les prix qui nous intéressent sont les prix à la première étape. Ces prix ne sont pas fournis par les statistiques de le DSAP/MARA. Néanmoins, l'équipe INERA/RSP Tougan a collecté des données sur les prix et analysés par JAGER, A.N. (1995). En comparant les prix des ovins et caprins sur les marchés à bétail (Tableau A2.34) et ceux au niveau villageois (tableau A2.35, ci-dessous), on constate que les prix sur les marchés sont de deux à trois fois supérieurs à ceux au niveau villageois.

Tableau A2.35: Prix Moyens de Vente et d'Achat par espèce et par village (en FCFA).

Village	Basaïdo				Kalamtogo			
	Achat		Vente		Achat		Vente	
Transaction / Mâle - Femelle	M	F	M	F	M	F	M	F
Ovin	-	-	2009	2107	1588	1250	1064	1000
Caprin	-	-	1733	1590	-	1875	2443	1450
Volaille	326		402		342		487	

Note: M=mâle, F=femelle, - = pas d'observations.

Source: Jager, N.A., 1995.

Tableau A2.36: Prix mensuels des céréales et de la viande sur les marchés de Fada-Gourma et Kaya

		Jav	Fev	Mars	Av	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Céréales (Mil, Sorgho)	FADA	34	48**	48*	44	50*	52	53	47	44		55	
	KAYA	50	56	65				71			56*	58	56
Viandes FCFA/Kg (petits ruminants)	FADA	254	296	377	391	487	418	456	485	412	430	363	440
	KAYA	375	463	449	616	398	415	393	390	500	513	515	611

* Prix de sorgho blanc

* arrondi à 48

- Les céréales sont ici le mil et le sorgho blanc dont nous avons calculé la moyenne des prix moyens mensuel fournis le système d'information sur le marché céréalier (SIM) pour l'année 1994

- La viande concerne la viande de petits ruminants (ovins, caprins) et de porcins dont les prix mensuels sont fournis par la direction des statistiques agro-pastorale (DSAP).

- le choix de ces marchés est guidé par la disponibilité de donnée.

ANNEXE 3: MODELE DE "L'EXPLOITATION CENTRALE": ECRITURE DU MODELE DU CHAPITRE 4 EN GAMS. (Intégration culture-élevage)

SETS

M Membres de l'Exploitation Centrale
 / H Hommes actifs
 F Femmes actives
 E Enfants /

J Parcelles
 / 1*810 /

Jc Collection des parcelles avec les memes cultures
 * le meme toposequence, le meme anneau et la meme qte. de
 * fumure appliquee (parcelles de base)
 / 1*38 /

PT /MA, SR, SB, MI, AR, NB, e1*e14/

P(PT) Produits
 / MA Mais
 SR Sorgho Rouge
 SB Sorgho Blanc
 MI Petit Mil
 AR Arachide
 NB Niebe /

E(PT)
 / e1 gros ruminant male de 0 - 1 an
 e2 gros ruminant male de 1 - 2 ans
 e3 gros ruminant male de 2 ans et +
 e4 gros ruminant femelle de 0 - 1 an
 e5 gros ruminant femelle de 1 - 2 ans
 e6 gros ruminant femelle de 2 ans et +
 e7 petit ruminant male de 0 - 1 an
 e8 petit ruminant male de 1 - 2 ans
 e9 petit ruminant male de 2 ans et +
 e10 petit ruminant femelle de 0 -1 an
 e11 petit ruminant femelle de 1 - 2 ans
 e12 petit ruminant femelle de 2 ans et +
 e13 volaille petit
 e14 volaille/

S Type du sol
 / S1 Champs communs situes plus haut anneau 1
 S2 Champs communs situes plus haut anneau 2
 S3 Champs communs situes plus haut anneau 3
 S4 Champs communs situes plus bas anneau 2
 S5 Champs communs situes plus bas anneau 2
 S6 Champs individuels situes plus haut anneau 1
 S7 Champs individuels situes plus haut anneau 2
 S8 Champs individuels situes plus haut anneau 3
 /

TOP Toposequence
 / HAUT Terres hautes
 BAS Terres basses /

AN Anneau
 / AN1 Anneau 1
 AN2 Anneau 2
 AN3 Anneau 3 /

PROP Proprietaire du champ
 / COM Commun
 IND Individuel /

T Mois
 / m1 Debut Mai de l'annee 1
 m2 Fin Mai
 m3 Debut Juin
 m4 Fin Juin
 m5 Debut Juillet
 m6 Fin Juillet

m7 Aout
 m8 Septembre
 m9 Octobre
 m10 Novembre
 m11 Decembre Janvier Fevrier de l'annee 2
 m12 Mars Avril Mai
 m13 Juin Juillet Aout /

CAL Types de calendriers
 / CMA1 Mais (Sarcl.) Intensive
 CMA2 Mais (Sarcl.) Extensive
 CSB1 SB SR MI (Semis) Debut Mai (Sarcl.) Intensive
 CSB2 idem (Sarcl.) Extensive
 CSB3 idem (Semis) Fin Mai (Sarcl.) Intensive
 CSB4 idem (Sarcl.) Extensive
 CSB5 idem (Semis) Debut Juin (Sarcl.) Intensive
 CSB6 idem (Sarcl.) Extensive
 CSB7 idem (Semis) Fin Juin (Sarcl.) Intensive
 CSB8 idem (Sarcl.) Extensive
 CSB9 idem (Semis) Debut Juil (Sarcl.) Intensive
 CSB10 idem (Sarcl.) Extensive
 CAR Arachide /

ACT Activites agricoles
 / PREP Preparation des champs
 FERT Fertilisation
 SEM Semis
 SAR1 1er Sarclage
 SAR2 2ieme et 3ieme Sarclages
 REC1 Recolte de la culture principale
 REC2 Recolte de la culture associee /

PSEM Periode de semis
 / MOY Periode moyenne
 m1 Debut Mai
 m2 Fin Mai
 m3 Debut Juin
 m4 Fin Juin
 m5 Debut Juillet /

NSAR Niveau d'intensite de sarclage
 / MOY Moyen
 INT Intensif
 EXT Extensif /

N Elements nutritifs
 / KC Kilocalories
 PR Proteines /

SCEN Scenarios de l'intensite agricole
 / SC1 Scenario avec des valeurs "moyennes"
 SC2 Scenario avec des valeurs plus elevees /

JS1(J) Parcelles du type S1
 / 1*4, 21*44, 141*164, 261*284, 381*404,
 501*516, 581*596 /

JS2(J) Parcelles du type S2
 / 5*8, 45*68, 165*188, 285*308, 405*428,
 517*532, 597*612, 661*662/

JS3(J) Parcelles du type S3
 / 9*12, 69*92, 189*212, 309*332, 429*452, 533*548
 613*628, 663*664/

JS4(J) Parcelles du type S4
 / 13*16, 93*116, 213*236, 333*356, 453*476, 549*564
 629*644/

JS5(J) Parcelles du type S5
 / 17*20, 117*140, 237*260, 357*380, 477*500, 565*580
 645*660/

JS6(J) Parcelles du type S6
 / 665*672, 689*696, 713*720, 737*744, 761*768, 785*792 /

JS7(J) Parcelles du type S7
 / 673*680, 697*704, 721*728, 745*752, 769*776, 793*800
 809 /

JS8(J) Parcelles du type S8

/ 681*688, 705*712, 729*736, 753*760, 777*784, 801*808
 810 /
 SAR(ACT) Sarclages
 / SAR1, SAR2 /
 C(P) Cereales / MA, SR, SB, MI /
 C2(P) Cereales sauf sorgho rouge / MA, SB, MI /
 CLT1(P) Premieres cultures
 / MA, SR, SB, MI, AR /
 CLT2(P) Cultures associees
 / NB /
 T1(T) Perodes de la saison agricole de l'annee 1
 / m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7, m8, m9, m10 /
 T2(T1) Premieres periodes de semis et de la preparation des sols de
 la saison agricole de l'annee 1
 * / m1, m2, m3, m4, m5 /
 T3(T1) Periodes de la recolte et de stockage des residus de culture
 * de la saison agricole de l'annee 1
 / m8, m9, m10 /
 T4(T) Periode de planification pour la distribution de la recolte
 * la commercialisation, la consommation et le stockage
 / m8, m9, m10, m11, m12, m13 /
 T5(T4) Periode de ventes des produits agricoles
 / m11 /
 T6(T4) Periodes des achats des produits agricoles
 / m8, m12, m13 /
 T7(T1) Periode de concurrence entre surveillance des animaux
 * activite agricole
 /m3*m10/
 T8(T) Periode d'alimentation des animaux en residus de culture et
 * d'abreuvement en eau de puits
 /m11,m12/
 T9(T) /m2*m13/
 T10(T) dans ces periodes l'achat de cheptel est zero
 /m8,m9,m10,m12/
 T11(T) dans ces periodes la vente de cheptel est zero
 /m9, m10, m11/
 t12(t) /m1*m6/
 t13(t) /m7*m10/
 t14(t) /m11*m13/
 t15(t) /m1*m7/
 Ea(E) ensemble de gros ruminant de 0 - 1 an
 /E1, E4/
 Eb(E) ensemble de petit ruminant de 0 - 1 an
 /E7, E10/
 Ec(E) ensemble de petit et gros ruminant de 1 - 2 ans
 /E2, E5, E8, E11/
 Ed(E) ensemble de petit et gros ruminant de 2 an et +
 /E3, E6, E9, E12/
 ES ensemble de petits et gros ruminants /gr, pr/
 Es2(e) ensemble de petits et gros ruminants /e1*e12/
 Es3(e) ensemble de gros ruminants /e1*e6/
 Es4(e) ensemble de petits ruminants /e7*e12/
 JNB(j) ensemble de parcelles de niebe
 /141*260, 381*500, 581*660, 689*712, 737*760, 785*808/
 JAR(j) ensemble de parcelles d'arachide /661*664, 809, 810/;

SET

COR1(Jc,J) Correspondance entre la collection des parcelles Jc et la
 * parcelle J
 / 1.(1, 2, 5, 6, 9, 10)
 2.(3, 4, 7, 8, 11, 12)
 3.(13, 14, 17, 18)
 4.(15, 16, 19, 20)
 5.(21*28, 45*52, 69*76)
 6.(29*36, 53*60, 77*84)

7.(37*44, 61*68, 85*92, 665*688)
 8.(93*100, 117*124)
 9.(101*108, 125*132)
 10.(109*116, 133*140)
 11.(141*148, 165*172, 189*196)
 12.(149*156, 173*180, 197*204)
 13.(157*164, 181*188, 205*212, 689*712)
 14.(213*220, 237*244)
 15.(221*228, 245*252)
 16.(229*236, 253*260)
 17.(261*268, 285*292, 309*316)
 18.(269*276, 293*300, 317*324)
 19.(277*284, 301*308, 325*332, 713*736)
 20.(333*340, 357*364)
 21.(341*348, 365*372)
 22.(349*356, 373*380)
 23.(381*388, 405*412, 429*436)
 24.(389*396, 413*420, 437*444)
 25.(397*404, 421*428, 445*452, 737*760)
 26.(453*460, 477*484)
 27.(461*468, 485*492)
 28.(469*476, 493*500)
 29.(501*508, 517*524, 533*540)
 30.(509*516, 525*532, 541*548, 761*784)
 31.(549*556, 565*572)
 32.(557*564, 573*580)
 33.(581*588, 597*604, 613*620)
 34.(589*596, 605*612, 621*628, 785*808)
 35.(629*636, 645*652)
 36.(637*644, 653*660)
 37.(661, 663)
 38.(662, 664, 809, 810)

/;

SET

COR2(TOP,J) Correspondance entre la toposequence TOP et la parcelle J

/ HAUT.(1*12, 21*92, 141*212, 261*332, 381*452, 501*548
 581*628, 661*664, 665*810)
 BAS .(13*20, 93*140, 213*260, 333*380,
 453*500, 549*580, 629*660)

/;

SET

COR3(AN,J) Correspondence entre l'anneau AN et la parcelle J

/ AN1.(1*4, 21*44, 141*164, 261*284, 381*404, 501*516
 581*596, 665*672, 689*696, 713*720, 737*744
 761*768, 785*792)
 AN2.(5*8, 13*16, 45*68, 93*116, 165*188, 213*236, 285*308
 333*356, 405*428, 453*476, 517*532, 549*564, 597*612
 629*644, 661*662, 673*680, 697*704, 721*728, 745*752
 769*776, 793*800, 809)
 AN3.(9*12,17*20, 69*92, 117*140, 189*212, 237*260, 309*332
 357*380, 429*452, 477*500, 533*548, 565*580, 613*628
 645*660, 663*664, 681*688, 705*712, 729*736, 753*760
 777*784, 801*808, 810)

/;

SET

COR4(CAL,J) Correspondence entre le calendrier agricole CAL et le
 * parcelle J

/ CMA1 .(1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19)
 CMA2 .(2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20)
 CSB1 .(93, 101, 109, 117, 125, 133, 213, 221, 229, 237
 245, 253, 333, 341, 349, 357, 365, 373, 453, 461
 469, 477, 485, 493, 549, 557, 565, 573, 629, 637)

- 645, 653)
- CSB2 (94, 102, 110, 118, 126, 134, 214, 222, 230, 238
246, 254, 334, 342, 350, 358, 366, 374, 454, 462
470, 478, 486, 494, 550, 558, 566, 574, 630, 638
646, 654)
- CSB3 (21, 29, 37, 45, 53, 61, 69, 77, 85, 95, 103, 111
119, 127, 135, 141, 149, 157, 165, 173, 181, 189
197, 205, 215, 223, 231, 239, 247, 255, 261, 269
277, 285, 293, 301, 309, 317, 325, 335, 343, 351

359, 367, 375, 381, 389, 397, 405, 413, 421, 429
437, 445, 455, 463, 471, 479, 487, 495, 501, 509
517, 525, 533, 541, 551, 559, 567, 575, 581, 589
597, 605, 613, 621, 631, 639, 647, 655, 665, 673
681, 689, 697, 705, 713, 721, 729, 737, 745, 753
761, 769, 777, 785, 793, 801)
- CSB4 (22, 30, 38, 46, 54, 62, 70, 78, 86, 96, 104, 112
120, 128, 136, 142, 150, 158, 166, 174, 182, 190
198, 206, 216, 224, 232, 240, 248, 256, 262, 270
278, 286, 294, 302, 310, 318, 326, 336, 344, 352
360, 368, 376, 382, 390, 398, 406, 414, 422, 430
438, 446, 456, 464, 472, 480, 488, 496, 502, 510
518, 526, 534, 542, 552, 560, 568, 576, 582, 590
598, 606, 614, 622, 632, 640, 648, 656, 666, 674
682, 690, 698, 706, 714, 722, 730, 738, 746, 754
762, 770, 778, 786, 794, 802)
- CSB5 (23, 31, 39, 47, 55, 63, 71, 79, 87, 97, 105, 113
121, 129, 137, 143, 151, 159, 167, 175, 183, 191
199, 207, 217, 225, 233, 241, 249, 257, 263, 271
279, 287, 295, 303, 311, 319, 327, 337, 345, 353
361, 369, 377, 383, 391, 399, 407, 415, 423, 431
439, 447, 457, 465, 473, 481, 489, 497, 503, 511
519, 527, 535, 543, 553, 561, 569, 577, 583, 591
599, 607, 615, 623, 633, 641, 649, 657, 667, 675
683, 691, 699, 707, 715, 723, 731, 739, 747, 755
763, 771, 779, 787, 795, 803)
- CSB6 (24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 98, 106, 114
122, 130, 138, 144, 152, 160, 168, 176, 184, 192
200, 208, 218, 226, 234, 242, 250, 258, 264, 272
280, 288, 296, 304, 312, 320, 328, 338, 346, 354
362, 370, 378, 384, 392, 400, 408, 416, 424, 432
440, 448, 458, 466, 474, 482, 490, 498, 504, 512
520, 528, 536, 544, 554, 562, 570, 578, 584, 592
600, 608, 616, 624, 634, 642, 650, 658, 668, 676
684, 692, 700, 708, 716, 724, 732, 740, 748, 756
764, 772, 780, 788, 796, 804)
- CSB7 (25, 33, 41, 49, 57, 65, 73, 81, 89, 99, 107, 115
123, 131, 139, 145, 153, 161, 169, 177, 185, 193
201, 209, 219, 227, 235, 243, 251, 259, 265, 273
281, 289, 297, 305, 313, 321, 329, 339, 347, 355
363, 371, 379, 385, 393, 401, 409, 417, 425, 433
441, 449, 459, 467, 475, 483, 491, 499, 505, 513
521, 529, 537, 545, 555, 563, 571, 579, 585, 593
601, 609, 617, 625, 635, 643, 651, 659, 669, 677
685, 693, 701, 709, 717, 725, 733, 741, 749, 757
765, 773, 781, 789, 797, 805)
- CSB8 (26, 34, 42, 50, 58, 66, 74, 82, 90, 100, 108, 116
124, 132, 140, 146, 154, 162, 170, 178, 186, 194
202, 210, 220, 228, 236, 244, 252, 260, 266, 274
282, 290, 298, 306, 314, 322, 330, 340, 348, 356
364, 372, 380, 386, 394, 402, 410, 418, 426, 434
442, 450, 460, 468, 476, 484, 492, 500, 506, 514
522, 530, 538, 546, 556, 564, 572, 580, 586, 594
602, 610, 618, 626, 636, 644, 652, 660, 670, 678
686, 694, 702, 710, 718, 726, 734, 742, 750, 758
766, 774, 782, 790, 798, 806)
- CSB9 (27, 35, 43, 51, 59, 67, 75, 83, 91, 147, 155, 163

171, 179, 187, 195, 203, 211, 267, 275, 283, 291
 299, 307, 315, 323, 331, 387, 395, 403, 411, 419
 427, 435, 443, 451, 507, 515, 523, 531, 539, 547
 587, 595, 603, 611, 619, 627, 671, 679, 687, 695
 703, 711, 719, 727, 735, 743, 751, 759, 767, 775
 783, 791, 799, 807)
 CSB10.(28, 36, 44, 52, 60, 68, 76, 84, 92, 148, 156, 164
 172, 180, 188, 196, 204, 212, 268, 276, 284, 292
 300, 308, 316, 324, 332, 388, 396, 404, 412, 420
 428, 436, 444, 452, 508, 516, 524, 532, 540, 548
 588, 596, 604, 612, 620, 628, 672, 680, 688, 696
 704, 712, 720, 728, 736, 744, 752, 760, 768, 776
 784, 792, 800, 808)
 CAR .(661, 662, 663, 664, 809, 810)

SET

COR5(PSEM,J) Correspondance entre la periode de semis PSEM et la
 parcelle J

*

/ MOY.(1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 2, 4, 6, 8, 10
 12, 14, 16, 18, 20, 661, 662, 663, 664, 809, 810)
 ml .(93, 101, 109, 117, 125, 133, 213, 221, 229, 237
 245, 253, 333, 341, 349, 357, 365, 373, 453, 461
 469, 477, 485, 493, 549, 557, 565, 573, 629, 637
 645, 653
 94, 102, 110, 118, 126, 134, 214, 222, 230, 238
 246, 254, 334, 342, 350, 358, 366, 374, 454, 462
 470, 478, 486, 494, 550, 558, 566, 574, 630, 638
 646, 654)
 m2 .(21, 29, 37, 45, 53, 61, 69, 77, 85, 95, 103, 111
 119, 127, 135, 141, 149, 157, 165, 173, 181, 189
 197, 205, 215, 223, 231, 239, 247, 255, 261, 269
 277, 285, 293, 301, 309, 317, 325, 335, 343, 351

 359, 367, 375, 381, 389, 397, 405, 413, 421, 429
 437, 445, 455, 463, 471, 479, 487, 495, 501, 509
 517, 525, 533, 541, 551, 559, 567, 575, 581, 589
 597, 605, 613, 621, 631, 639, 647, 655
 22, 30, 38, 46, 54, 62, 70, 78, 86, 96, 104, 112
 120, 128, 136, 142, 150, 158, 166, 174, 182, 190
 198, 206, 216, 224, 232, 240, 248, 256, 262, 270
 278, 286, 294, 302, 310, 318, 326, 336, 344, 352
 360, 368, 376, 382, 390, 398, 406, 414, 422, 430
 438, 446, 456, 464, 472, 480, 488, 496, 502, 510
 518, 526, 534, 542, 552, 560, 568, 576, 582, 590
 598, 606, 614, 622, 632, 640, 648, 656
 665, 673, 681, 689, 697, 705, 713, 721, 729, 737
 745, 753, 761, 769, 777, 785, 793, 801
 666, 674, 682, 690, 698, 706, 714, 722, 730, 738
 746, 754, 762, 770, 778, 786, 794, 802)
 m3 .(23, 31, 39, 47, 55, 63, 71, 79, 87, 97, 105, 113
 121, 129, 137, 143, 151, 159, 167, 175, 183, 191
 199, 207, 217, 225, 233, 241, 249, 257, 263, 271
 279, 287, 295, 303, 311, 319, 327, 337, 345, 353
 361, 369, 377, 383, 391, 399, 407, 415, 423, 431
 439, 447, 457, 465, 473, 481, 489, 497, 503, 511
 519, 527, 535, 543, 553, 561, 569, 577, 583, 591
 599, 607, 615, 623, 633, 641, 649, 657
 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 98, 106, 114
 122, 130, 138, 144, 152, 160, 168, 176, 184, 192
 200, 208, 218, 226, 234, 242, 250, 258, 264, 272
 280, 288, 296, 304, 312, 320, 328, 338, 346, 354
 362, 370, 378, 384, 392, 400, 408, 416, 424, 432
 440, 448, 458, 466, 474, 482, 490, 498, 504, 512
 520, 528, 536, 544, 554, 562, 570, 578, 584, 592
 600, 608, 616, 624, 634, 642, 650, 658
 667, 675, 683, 691, 699, 707, 715, 723, 731, 739

747, 755, 763, 771, 779, 787, 795, 803
 668, 676, 684, 692, 700, 708, 716, 724, 732, 740
 748, 756, 764, 772, 780, 788, 796, 804)
 m4 .(25, 33, 41, 49, 57, 65, 73, 81, 89, 99, 107, 115
 123, 131, 139, 145, 153, 161, 169, 177, 185, 193
 201, 209, 219, 227, 235, 243, 251, 259, 265, 273
 281, 289, 297, 305, 313, 321, 329, 339, 347, 355
 363, 371, 379, 385, 393, 401, 409, 417, 425, 433
 441, 449, 459, 467, 475, 483, 491, 499, 505, 513
 521, 529, 537, 545, 555, 563, 571, 579, 585, 593
 601, 609, 617, 625, 635, 643, 651, 659
 26, 34, 42, 50, 58, 66, 74, 82, 90, 100, 108, 116
 124, 132, 140, 146, 154, 162, 170, 178, 186, 194
 202, 210, 220, 228, 236, 244, 252, 260, 266, 274
 282, 290, 298, 306, 314, 322, 330, 340, 348, 356
 364, 372, 380, 386, 394, 402, 410, 418, 426, 434
 442, 450, 460, 468, 476, 484, 492, 500, 506, 514
 522, 530, 538, 546, 556, 564, 572, 580, 586, 594
 602, 610, 618, 626, 636, 644, 652, 660
 669, 677, 685, 693, 701, 709, 717, 725, 733, 741
 749, 757, 765, 773, 781, 789, 797, 805
 670, 678, 686, 694, 702, 710, 718, 726, 734, 742
 750, 758, 766, 774, 782, 790, 798, 806)
 m5 .(27, 35, 43, 51, 59, 67, 75, 83, 91, 147, 155, 163
 171, 179, 187, 195, 203, 211, 267, 275, 283, 291
 299, 307, 315, 323, 331, 387, 395, 403, 411, 419
 427, 435, 443, 451, 507, 515, 523, 531, 539, 547
 587, 595, 603, 611, 619, 627
 28, 36, 44, 52, 60, 68, 76, 84, 92, 148, 156, 164
 172, 180, 188, 196, 204, 212, 268, 276, 284, 292
 300, 308, 316, 324, 332, 388, 396, 404, 412, 420
 428, 436, 444, 452, 508, 516, 524, 532, 540, 548
 588, 596, 604, 612, 620, 628
 671, 679, 687, 695, 703, 711, 719, 727, 735, 743
 751, 759, 767, 775, 783, 791, 799, 807
 672, 680, 688, 696, 704, 712, 720, 728, 736, 744
 752, 760, 768, 776, 784, 792, 800, 808)

/;

SET

COR6(NSAR,J) Correspondance entre l'intensite des sarclages et
la parcelle J

*

/ MOY.(661*664, 809, 810)

INT.(1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27
 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53
 55, 57, 59, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 77, 79
 81, 83, 85, 87, 89, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103
 105, 107, 109, 111, 113, 115, 117, 119, 121, 123
 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 139, 141, 143
 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163
 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177, 179, 181, 183
 185, 187, 189, 191, 193, 195, 197, 199, 201, 203
 205, 207, 209, 211, 213, 215, 217, 219, 221, 223
 225, 227, 229, 231, 233, 235, 237, 239, 241, 243
 245, 247, 249, 251, 253, 255, 257, 259, 261, 263
 265, 267, 269, 271, 273, 275, 277, 279, 281, 283
 285, 287, 289, 291, 293, 295, 297, 299, 301, 303
 305, 307, 309, 311, 313, 315, 317, 319, 321, 323
 325, 327, 329, 331, 333, 335, 337, 339, 341, 343
 345, 347, 349, 351, 353, 355, 357, 359, 361, 363
 365, 367, 369, 371, 373, 375, 377, 379, 381, 383
 385, 387, 389, 391, 393, 395, 397, 399, 401, 403
 405, 407, 409, 411, 413, 415, 417, 419, 421, 423
 425, 427, 429, 431, 433, 435, 437, 439, 441, 443
 445, 447, 449, 451, 453, 455, 457, 459, 461, 463
 465, 467, 469, 471, 473, 475, 477, 479, 481, 483
 485, 487, 489, 491, 493, 495, 497, 499, 501, 503

505, 507, 509, 511, 513, 515, 517, 519, 521, 523
 525, 527, 529, 531, 533, 535, 537, 539, 541, 543
 545, 547, 549, 551, 553, 555, 557, 559, 561, 563
 565, 567, 569, 571, 573, 575, 577, 579, 581, 583
 585, 587, 589, 591, 593, 595, 597, 599, 601, 603
 605, 607, 609, 611, 613, 615, 617, 619, 621, 623
 625, 627, 629, 631, 633, 635, 637, 639, 641, 643
 645, 647, 649, 651, 653, 655, 657, 659, 665, 667
 669, 671, 673, 675, 677, 679, 681, 683, 685, 687
 689, 691, 693, 695, 697, 699, 701, 703, 705, 707
 709, 711, 713, 715, 717, 719, 721, 723, 725, 727
 729, 731, 733, 735, 737, 739, 741, 743, 745, 747
 749, 751, 753, 755, 757, 759, 761, 763, 765, 767
 769, 771, 773, 775, 777, 779, 781, 783, 785, 787
 789, 791, 793, 795, 797, 799, 801, 803, 805, 807
 809)

EXT.(2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28
 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54
 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80
 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104
 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124
 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144
 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164
 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184
 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204
 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224
 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244
 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264
 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284
 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304
 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324
 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344
 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364
 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384
 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404
 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424
 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444
 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464
 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484
 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504
 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524
 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544
 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564
 566, 568, 570, 572, 574, 576, 578, 580, 582, 584
 586, 588, 590, 592, 594, 596, 598, 600, 602, 604
 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 622, 624
 626, 628, 630, 632, 634, 636, 638, 640, 642, 644
 646, 648, 650, 652, 654, 656, 658, 660, 666, 668
 670, 672, 674, 676, 678, 680, 682, 684, 686, 688
 690, 692, 694, 696, 698, 700, 702, 704, 706, 708
 710, 712, 714, 716, 718, 720, 722, 724, 726, 728
 730, 732, 734, 736, 738, 740, 742, 744, 746, 748
 750, 752, 754, 756, 758, 760, 762, 764, 766, 768
 770, 772, 774, 776, 778, 780, 782, 784, 786, 788
 790, 792, 794, 796, 798, 800, 802, 804, 806, 808
 810)

/ ,

SET

COR7(PROP,J) Correspondance entre la propriete du champ PROP et la
 parcelle J

*

/ COM.(1*664)
 IND.(665*810)

/ ;

SCALARS

DSPS1 Terre du type S1 disponible /0.27/

DSPS2	Terre du type S2 disponible	/1.01/
DSPS3	Terre du type S3 disponible	/3.58/
DSPS4	Terre du type S4 disponible	/0.13/
DSPS5	Terre du type S5 disponible	/0.45/
DSPS6	Terre du type S6 disponible	/0.05/
DSPS7	Terre du type S7 disponible	/0.20/
DSPS8	Terre du type S8 disponible	/0.71/
THETA2	Pourcentage de la consommation en kilocalories	/0.85/
FIN7	Moyens financiers a la fin de la periode 7	/0/
ALPHA	Pourcentage de la demande alimentaire	/0.60/
BETA	Pourcentage des revenus	/0.10/
TRG	taux de reproduction pour les gros ruminants	/1/
TRP	taux de reproduction pour les petits ruminants	/1.21/
TRV	taux de reproduction pour la volaille	/6/

PARAMETERS

NBRE(M) Nombre de membres M de l'Exploitation Centrale
/ H=2, F=3, E=5 /

N0(e) Nombre d'especes au debut de l'annee cible de consommation
/e1=0 ,e2=0, e3=1, e4=0 ,e5=0 ,e6=1 ,e7=2.1
e8=0.5 ,e9=0.3 , e10=2.5,e11=1.1 ,e12=3.5, e13=28 /

alph(t) taux pour calculer le taux de reproduction par periode
/m1=0.042, m2=0.042, m3=0.042, m4=0.042, m5=0.042, m6=0.042, m7=0.083
m8=0.083, m9=0.083, m10=0.083, m11=0.25, m12=0.25, m13=0.25/

FUM1(Jc) Quantite de fumure appliquee sur 1 ha d'une parcelle
dans la collection des parcelles Jc

*
/ 1=8000, 2=4000, 3=8000, 4=4000
5=2000, 6=800, 7=0, 8=2000, 9=800, 10=0
11=2000, 12=800, 13=0, 14=2000, 15=800, 16=0
17=2000, 18=800, 19=0, 20=2000, 21=800, 22=0
23=2000, 24=800, 25=0, 26=2000, 27=800, 28=0
29=800, 30=0, 31=800, 32=0
33=800, 34=0, 35=800, 36=0
37=800, 38=0 / ;

PARAMETER

FUM(J) Quantite de fumure appliquee sur 1 ha du parcelle J ;
FUM(J) = SUM(Jc \$COR1(Jc,J), FUM1(Jc)) ;

TABLE PFUM(e,T4) Production de fumure (en Kg) par espece

	m8	m9	m10	m11	m12	m13
e1	21	21	21	63	63	63
e2	28	28	28	84	84	84
e3	42	42	42	126	126	126
e4	21	21	21	63	63	63
e5	28	28	28	84	84	84
e6	42	42	42	126	126	126
e7	2.1	2.1	2.1	6.3	6.3	6.3
e8	2.8	2.8	2.8	8.4	8.4	8.4
e9	4.2	4.2	4.2	12.6	12.6	12.6
e10	2.1	2.1	2.1	6.3	6.3	6.3
e11	2.8	2.8	2.8	8.4	8.4	8.4
e12	4.2	4.2	4.2	12.6	12.6	12.6

PARAMETERS

MARCH(AN) Coefficient par anneau AN pour determiner le temps de marche
/ AN1= 0, AN2= 0.056, AN3= 0.16 /

SEMJRS(T2) Nombre de jours favorable pour le semis en periode T2
/ m1=2.5, m2=3.5, m3=5, m4=7, m5=8.5 /

DUR(T2) Duree de la periode T2 en nombre de jours de travail

/ m1=13, m2=13, m3=13, m4=13, m5=13 /

SEM(P) Semences (kg par ha) a reserver pour le semis du produit P
/ MA=50, SR=20, SB=15, MI=10, AR=85, NB=3 /

STOCK7(P) Stock de produit P a la fin de la periode '7'
/ MA=0, SR=0, SB=0, MI=0, AR=0, NB=0 /

PERTAN(P) Fractions annuelles des pertes du produit P
/ MA=0.1, SR=0.06, SB=0.08, MI=0.1, AR=0.15, NB=0.3 /

THETA1(N) Fraction de la demande en nutriments (pour calculer les
deficits)
* / KC=0.80, PR=0.70 /

THETA3(N) Fraction de la demande en nutriments (pour calculer les
deficits)
* / KC=0.60, PR=0.50 /

DEMSR(T4) Demande en Sorgho Rouge(en kg.) dans la periode T4
/m8=8, m9=8, m10=9, m11=50, m12=50, m13=25 /

* La demande en sorgho rouge est uniquement pour la consommation du
* 'dolo' .

PARAMETERS

PRV(PT) Prix de vente de produit P
/ MA = 64, SR = 56, SB = 61, MI = 66, AR = 108, NB = 78
e1=15000, e2=19000, e3=24000, e4=13000, e5=17000,
e6=22000, e7=1500, e8=1800, e9=2000, e10=1300, e11=1600, e12=1800, e13=100, e14=300/

PRA(PT) Prix d'achat de produit P
/ MA = 120, SR = 96, SB = 100, MI = 107, AR = 185, NB = 235
e1=17000, e2=22000, e3=27000, e4=15000, e5=20000,
e6=25000, e7=1700, e8=2000, e9=2250, e10=1500, e11=1800, e12=2100, e13=250, e14=400/;

PARAMETERS

RNA(T4) Revenus de l'evlage et revenus non-agricoles en periode T4
/m8=7500, m9=7500, m10=0, m11=0, m12=20000, m13=20000 /

DNA(T4) Depenses non-alimentaires en periode T4
/m8=0, m9=0, m10=0, m11=25000, m12=0, m13=0/

TINT1(T4) Taux d'interet des moyens financiers dans la periode T4
/ m8=0.008, m9=0.008, m10=0.008, m11=0.024, m12=0.024, m13=0.024 /

TINT2(T4) Taux d'interet (couts) des credits dans la periode T4
/ m8=0.0153, m9=0.0153, m10=0.0153, m11=0.0466,
m12=0.0466, m13=0.0466 /

OMEGA1(N) Parametre pour le pesage des deficits en nutriment dans la
fonction objective
* / KC=1000, PR=66000 /

OMEGA2(N) Parametre pour le pesage des deficits en nutriment dans la
periode de recolte de la saison agricole prochaine dans la
fonction objective
* / KC=100, PR=6600 / ;

TABLE

LABDA1(Jc,SCEN) Rapport entre superficie en jachere et cultivee d'une
* parcelle dans la collection des parcelles Jc

	SC1	SC2
1	0	0
2	0	0.25
3	0	0
4	0	0.25

5	0.25	0.67
6	0.67	1.5
7	1.5	4
8	0.25	0.67
9	0.67	1.5
10	1.5	4
11	0.25	0.67
12	0.67	1.5
13	1.5	4
14	0.25	0.67
15	0.67	1.5
16	1.5	4
17	0.25	0.67
18	0.67	1.5
19	1.5	4
20	0.25	0.67
21	0.67	1.5
22	1.5	4
23	0.25	0.67
24	0.67	1.5
25	1.5	4
26	0.25	0.67
27	0.67	1.5
28	1.5	4
29	0.43	1
30	1	2.33
31	0.43	1
32	1	2.33
33	0.43	1
34	1	2.33
35	0.43	1
36	1	2.33
37	0.43	1
38	1	2.33 ;

PARAMETER

LABDA(J,SCEN) Rapport entre superficie en jachere et cultivee du
* parcelle J

$$LABDA(J,SCEN) = \text{SUM}(Jc \$ COR1(Jc,J), LABDA1(Jc,SCEN)) ;$$

TABLE

REND1(Jc,P) Rendement d'un parcelle dans la collection des
* parcelles JJ en kg. du produit P

	MA	SR	SB	MI	AR	NB
1	1100	0	0	0	0	0
2	700	0	0	0	0	0
3	1210	0	0	0	0	0
4	870	0	0	0	0	0
5	0	625	0	0	0	0
6	0	475	0	0	0	0
7	0	360	0	0	0	0
8	0	750	0	0	0	0
9	0	618	0	0	0	0
10	0	530	0	0	0	0
11	0	594	0	0	0	33
12	0	451	0	0	0	28
13	0	342	0	0	0	25
14	0	712	0	0	0	35
15	0	587	0	0	0	31
16	0	503	0	0	0	29
17	0	0	545	0	0	0
18	0	0	425	0	0	0
19	0	0	345	0	0	0
20	0	0	633	0	0	0
21	0	0	531	0	0	0
22	0	0	465	0	0	0

23	0	0	518	0	0	33
24	0	0	404	0	0	28
25	0	0	328	0	0	25
26	0	0	602	0	0	35
27	0	0	505	0	0	31
28	0	0	442	0	0	29
29	0	0	0	390	0	0
30	0	0	0	330	0	0
31	0	0	0	428	0	0
32	0	0	0	380	0	0
33	0	0	0	371	0	28
34	0	0	0	314	0	25
35	0	0	0	406	0	31
36	0	0	0	361	0	29
37	0	0	0	0	450	0
38	0	0	0	0	400	0 ;

TABLE

CRND1(P, TOP, PSEM) Coefficient pour le calcul du rendement d'une parcelle
* avec produit P et toposequence TOP et periode de semis
* PSEM

	MOY	m1	m2	m3	m4	m5
MA.HAUT	1					
MA.BAS	1					
SR.HAUT			1.20	1.07	0.93	0.80
SR.BAS		1.20	1.07	0.93	0.80	
SB.HAUT			1.20	1.07	0.93	0.80
SB.BAS		1.20	1.07	0.93	0.80	
M1.HAUT			1.15	1.05	0.95	0.85
M1.BAS		1.15	1.05	0.95	0.85	
AR.HAUT	1					
AR.BAS	1					
NB.HAUT			1.15	1.05	0.95	0.85
NB.BAS		1.15	1.05	0.95	0.85	;

TABLE

CRND2(P, NSAR) Coefficient pour le calcul du rendement d'une parcelle
* avec produit P et niveau d'intensite de sarclage NSAR

	MOY	INT	EXT
MA	1.15	0.68	
SR	1.13	0.71	
SB	1.11	0.74	
M1	1.09	0.77	
AR	1		
NB	1.09	0.77 ;	

PARAMETER

REND2(J,P) Rendement du parcelle J en kg. du produit P ;
 $REND2(J,P) = \text{SUM}(Jc \$ COR1(Jc,J), REND1(Jc,P) * \text{SUM}(PSEM \$ COR5(PSEM,J), \text{SUM}(TOP \$ COR2(TOP,J), \text{CRND1}(P, TOP, PSEM))) * \text{SUM}(NSAR \$ COR6(NSAR,J), CRND2(P, NSAR))) ;$

TABLE

DSPMO1(T1, M) Main d'oeuvre disponible (en hrs) par membre M en
* periode T1 pour les activites agricoles et d'elevage

	H	F	E
m1	98	85	0
m2	98	85	0
m3	98	85	0
m4	98	85	0

m5	98	85	0
m6	98	85	0
m7	195	169	0
m8	195	169	0
m9	195	169	0
m10	195	169	0 ;

TABLE

GAMMA1(T1,M) Pourcentage de la main d'oeuvre appliquee au champs
* communs dans les differentes periodes T1 pour chaque

* membre M			
	H	F	E
m1	1	1	0
m2	1	1	0
m3	1	0.7	0
m4	1	0.7	0
m5	1	0.7	0
m6	1	0.7	0
m7	1	0.6	0
m8	1	0.6	0
m9	1	0.6	0
m10	1	0.6	0 ;

PARAMETER

DSPMO(PROP,T1) Main d'oeuvre disponible pour champs communs et ;

* individuels PROP par periode T1 de la saison agricole

DSPMO("COM",T1) = SUM(M, GAMMA1(T1,M)*NBRE(M)*DSPMO1(T1,M)) ;

DSPMO("IND",T1) = SUM(M, (1-GAMMA1(T1,M))*NBRE(M)*DSPMO1(T1,M)) ;

TABLE DSPMOE1(T1,M) Main d'oeuvre disponible pour les activites

* d'elevage par membre

	H	E
m1	26	78
m2	26	78
m3	26	78
m4	26	78
m5	26	78
m6	26	78
m7	52	156
m8	52	156
m9	52	156
m10	52	156;

Parameter

DSPMOE(T1) Main d'oeuvre totale disponible pour les activites;

* d'elevage

DSPMOE(T1) = SUM(M, DSPMOE1(T1,M) * NBRE(M));

TABLE

MOI(Jc,ACT) Main d'oeuvre necessaire pour activite ACT sur 1 ha d'un

* parcelle dans la collection des parcelles Jc

	PREP	FERT	SEM	SAR1	SAR2	REC1	REC2
1	350	200	125	300	35	215	0
2	350	125	125	300	5	175	0
3	490	200	163	360	42	226	0
4	490	125	163	360	5	192	0
5	50	70	105	295	321	145	0
6	50	30	105	295	265	130	0
7	50	0	105	295	214	119	0
8	70	70	137	354	385	157	0
9	70	30	137	354	318	144	0
10	70	0	137	354	257	135	0
11	50	70	117	295	321	142	37
12	50	30	117	295	265	128	36
13	50	0	117	295	214	117	35

14	70	70	149	354	385	154	37
15	70	30	149	354	318	141	36
16	70	0	149	354	257	133	36
17	45	70	105	270	302	137	0
18	45	30	105	270	250	125	0
19	45	0	105	270	203	117	0
20	63	70	137	324	362	146	0
21	63	30	137	324	300	136	0
22	63	0	137	324	243	129	0
23	45	70	117	270	302	134	37
24	45	30	117	270	250	123	36
25	45	0	117	270	203	115	35
26	63	70	149	324	362	143	37
27	63	30	149	324	300	133	36
28	63	0	149	324	243	127	36
29	30	30	100	255	235	121	0
30	30	0	100	255	190	115	0
31	42	30	130	306	281	125	0
32	42	0	130	306	228	120	0
33	30	30	112	255	235	119	36
34	30	0	112	255	190	113	35
35	42	30	142	306	281	123	36
36	42	0	142	306	228	118	36
37	230	30	170	300	52	390	0
38	230	0	170	300	20	375	0 ;

TABLE

CMO1(TOP,PSEM) Coefficient pour le calcul du temps de travail pour le
 * 2ieme sarclage d'une parcelle avec toposequence TOP et
 * periode de semis PSEM

MOY	m1	m2	m3	m4	m5
HAUT	1.0	1.3	1.1	0.9	0.7
BAS	1.0	1.3	1.1	0.9	0.7 ;

TABLE

CMO2(NSAR,SAR) Coefficient pour le calcul du temps de travail pour
 * les lieres et 2iemes sarclages avec niveau d'intensite
 * de sarclage NSAR

SAR1	SAR2
MOY	1.00 1.00
INT	1.15 1.15
EXT	0.70 0.65 ;

PARAMETER

MO2(J,ACT) Temps de travail du parcelle J par activite en hrs par ;
 * ha.

$$MO2(J,ACT) = \text{SUM}(Jc \$ COR1(Jc,J), MO1(Jc,ACT)) ;$$

$$MO2(J,"SAR1") = MO2(J,"SAR1") * \text{SUM}(NSAR \$ COR6(NSAR,J), CMO2(NSAR,"SAR1")) ;$$

$$MO2(J,"SAR2") = MO2(J,"SAR2") * \text{SUM}(PSEM \$ COR5(PSEM,J), \text{SUM}(TOP \$ COR2(TOP,J), CMO1(TOP,PSEM))) * \text{SUM}(NSAR \$ COR6(NSAR,J), CMO2(NSAR,"SAR2")) ;$$

$$MO2(J,"REC1") = MO2(J,"REC1") + 0.1 * (\text{SUM}(C, REND2(J,C)) - \text{SUM}(Jc \$ COR1(Jc,J), \text{SUM}(C, REND1(Jc,C)))) ;$$

$$MO2(J,"REC2") = MO2(J,"REC2") + 0.2 * (\text{REND2}(J,"NB") - \text{SUM}(Jc \$ COR1(Jc,J), \text{REND1}(Jc,"NB"))) ;$$

TABLE CALENDR(CAL, ACT, T)

	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
CMA1.PREP				0.25	0.5	0.25				
CMA1.FERT			0.28	0.29	0.29	0.14				

CSB8.REC2				0.33	0.67
CSB9.PREP	0.33	0.67			
CSB9.FERT		0.5	0.5		
CSB9.SEM		1.0			
CSB9.SAR1			1.0		
CSB9.SAR2			1.0		
CSB9.REC1				0.5	0.5
CSB9.REC2				1.0	
CSB10.PREP	0.33	0.67			
CSB10.FERT		0.5	0.5		
CSB10.SEM		1.0			
CSB10.SAR1			1.0		
CSB10.SAR2			1.0		
CSB10.REC1				0.5	0.5
CSB10.REC2				1.0	
CAR.PREP	0.28	0.29	0.29	0.14	
CAR.FERT		0.17	0.33	0.33	0.17
CAR.SEM		0.25	0.5	0.25	
CAR.SAR1			0.25	0.75	
CAR.SAR2			0.33	0.67	
CAR.REC1				0.33	0.67
CAR.REC2					

PARAMETER

MO(J,T) Main d'oeuvre necessaire par parcelle J dans la periode T ;
 $MO(J,T) = (1 + \text{SUM}(AN \$ \text{COR3}(AN,J), \text{MARCH}(AN))) * \text{SUM}(ACT, MO2(J,ACT) * \text{SUM}(CAL \$ \text{COR4}(CAL,J), \text{CALENDR}(CAL,ACT,T)))) ;$

PARAMETER

MOSEM(J,T2) Main d'oeuvre necessaire par parcelle J dans la periode T2 ;
 * pour le semis des cultures et la preparation des sols
 $MOSEM(J,T2) = (1 + \text{SUM}(AN \$ \text{COR3}(AN,J), \text{MARCH}(AN))) * (MO2(J,'PREP') * \text{SUM}(CAL \$ \text{COR4}(CAL,J), \text{CALENDR}(CAL,'PREP',T2)) + MO2(J,'SEM') * \text{SUM}(CAL \$ \text{COR4}(CAL,J), \text{CALENDR}(CAL,'SEM',T2))) ;$

PARAMETER

REND(J,P,T3) Rendement du produit P de la parcelle J en periode T3 ;
 $\text{REND}(J,CLT1,T3) = \text{REND2}(J,CLT1) * \text{SUM}(CAL \$ \text{COR4}(CAL,J), \text{CALENDR}(CAL,'REC1',T3)) ;$
 $\text{REND}(J,CLT2,T3) = \text{REND2}(J,CLT2) * \text{SUM}(CAL \$ \text{COR4}(CAL,J), \text{CALENDR}(CAL,'REC2',T3)) ;$

PARAMETER

CR(P) Coefficient pour le calcul des residus de culture
 /SR=3, SB=3, MI=3, AR=8, NB=8/;

PARAMETER

RENDR(J,P,t3) Production de residus du produit p sur la parcelle j;
 $\text{RENDR}(J, P, t3) = \text{REND}(J,p,t3)*CR(P);$

PARAMETER

SEM1(P,T3) Semences (kg par ha) a reserver en periode T3 pour le ;
 * semis du produit P
 $\text{SEM1}('MA',T3) = \text{SEM}('MA')* \text{CALENDR}('CMA1','REC1',T3) ;$
 $\text{SEM1}('SR',T3) = \text{SEM}('SR')* \text{CALENDR}('CSB1','REC1',T3) ;$
 $\text{SEM1}('SB',T3) = \text{SEM}('SB')* \text{CALENDR}('CSB1','REC1',T3) ;$
 $\text{SEM1}('MI',T3) = \text{SEM}('MI')* \text{CALENDR}('CSB1','REC1',T3) ;$
 $\text{SEM1}('AR',T3) = \text{SEM}('AR')* \text{CALENDR}('CAR','REC1',T3) ;$
 $\text{SEM1}('NB',T3) = \text{SEM}('NB')* \text{CALENDR}('CSB1','REC2',T3) ;$

PERT(T4, P) Pertes de stockage par produit P dans la periode T4

	MA	SR	SB	M1	AR	NB
m8	0.0080	0.0049	0.0064	0.0080	0.0117	0.0221
m9	0.0080	0.0049	0.0064	0.0080	0.0117	0.0221
m10	0.0080	0.0049	0.0064	0.0080	0.0117	0.0221
m11	0.0241	0.0147	0.0194	0.0241	0.0356	0.0678
m12	0.0241	0.0147	0.0194	0.0241	0.0356	0.0678
m13	0.0241	0.0147	0.0194	0.0241	0.0356	0.0678 ;

* Fraction annuelles de pertes sont:

*	10%	6%	8%	10%	15%	30%
---	-----	----	----	-----	-----	-----

PARAMETER

PERTER(T4) Perte annuelle de residus en periode t4

/m8=0.022, m9=0.022 , m10=0.022 , m11=0.067 , m12=0.067, m13=0.067/;

TABLE

DEMKC(T4,M) Demande en 1000 kilocalories du membre M en periode T4

	H	F	E
m8	87.35	69.67	53.23
m9	87.35	69.67	53.23
m10	87.35	69.67	53.23
m11	222.74	198.55	159.69
m12	235.85	202.04	159.69
m13	301.36	229.90	159.69 ;

TABLE

DEMPR(T4,M) Demande en proteines (en 1000 grammes) du membre M en periode T4

	H	F	E
m8	1.460	1.217	0.730
m9	1.460	1.217	0.730
m10	1.460	1.217	0.730
m11	4.380	3.651	2.190
m12	4.380	3.651	2.190
m13	4.380	3.651	2.190 ;

PARAMETER

DEM(N,T4) Demande en nutriments N (en 1000 KC et 1000 grammes PR) en ; periode T4

* DEM('KC',T4) = SUM(M, NBRE(M)*DEMKC(T4,M));
DEM('PR',T4) = SUM(M, NBRE(M)*DEMPR(T4,M));

PARAMETER

DEMAN(N) Demande annuelle en nutriments N (en 1000 KC et 1000 ; grammes PR)

* DEMAN(N) = SUM(T4, DEM(N,T4));

PARAMETER

DEMREC(N) Demande en nutriments N (en 1000 KC et 1000 grammes PR) ; dans la periode de recolte

* DEMREC(N) = DEM(N,'m8') + DEM(N,'m9') + DEM(N,'m10');

TABLE

VALN(PT,N) Valeur en nutriments N (en 1000 KC et en 1000 grammes pour les proteines) d'un repas base sur 1 kg. du produit P

	KC	PR
MA	3.57	0.042
SR	3.39	0.049
SB	2.57	0.037
M1	3.41	0.052
AR	5.46	0.104
NB	3.42	0.104 ;

TABLE
TM(e,t) Taux de mortalite par espece en periode T4

	m11	m12
e1	0.035	0.045
e2	0.02	0.025
e3	0.054	0.063
e4	0.035	0.043
e5	0.02	0.025
e6	0.054	0.063
e7	0.08	0.08
e8	0.031	0.031
e9	0.029	0.029
e10	0.08	0.08
e11	0.031	0.031
e12	0.029	0.029
	:	
TM('e13',T1)	= 0.102;	
TM('e13',t14)	= 0.107;	
TM('e14',T1)	= 0.102;	
TM('e14',t14)	= 0.107;	

PARAMETER

BFM(E) besoins en fourrage d'espece E par mois

/e1=93.75, e2=125, e3=187.5
e4=93.75, e5=125, e6=187.5
e7=9.375, e8=12.5, e9=18.75
e10=9.375, e11=12.5, e12=18.75/

BF(e,t) besoins en fourrage d'espece E par periode;

BF(e,t12) = BFM(e)/2;

BF(e,t13) = BFM(e);

BF(e,t14) = BFM(e)*3;

PARAMETERS

MOG1(T1) Nombre d'heures initial pour garder les animaux

/m1=180, m2=180, m3=200, m4=240, m5=240
m6=240, m7=410, m8=340, m9=320, m10=320/

MOG2(T1) Idem le nombre de petits ruminants est superieure a 10

/m1=7, m2=7, m3=8, m4=10, m5=10
m6=12, m7=26, m8=22, m9=16, m10=20/

MOG3(T1) Main d'oeuvre par animal pour les gros ruminants

/m1=21, m2=21, m3=26, m4=26, m5=26
m6=26, m7=52, m8=52, m9=52, m10=52/

MORP(j) Main d'oeuvre pour stocker les residus par ha de recolte

MOR(j,t1) Main d'oeuvre pour stocker les residus par periode par hectare;

MORP(j) = 130;

MORP(jar) = 100;

MOR(j,t1) = MORP(j) * SUM(cal\$cor4(cal,j), calendr(cal, "rec1",t1));

MOR(jnb,t1) = MORP(jnb) * SUM(cal\$cor4(cal,jnb), calendr(cal, "rec2",t1));

SCALAR

N1 Nombre d'animaux inferieur ou egal a 10

/10/

OMEGA3 Parametre pour pesage de la main d'oeuvre

/10E-3/;

FREE VARIABLES

OPTIM Fonction objective ;

POSITIVE VARIABLES

REV Revenus nets

SUR(J) Surface cultive

- PRO(P,T3) Production du produit P en periode T3
 PRO1(P,T3) Production du produit P en periode T3 destinee a
 * la consommation les ventes etcetera
 PRODR(t3) Production de residus de culture en periode T3
 Ne(e,t) Nombre d'espece disponible en periode T
 DSPFUM Quantite de fumure disponible en kg
 PRODFUM(T4) Production totale de fumure en periode T4
 TRANS(T1) Transfert de main d'oeuvre des activites agricole
 * aux activites d'elevage
 MOGARDE(T1) Main-d'oeuvre pour la garde des animaux au paturage
 * MOG(T1) Variable pour calculer la MOGARDE
 STOCK(P,T4) Stock de produit P a la fin de la periode T4
 STOCKRES(T4) Stock de residus a la fin de la periode T4
 CONNR(T8) consommation des residus
 CON(PT,T) Quantite consomsee de produit P en periode T4
 VEN(PT,T) Quantite (kg) vendue de produit P en periode T5
 ACH(PT,T) Quantite (kg) achete de produit P en periode T6
 SEMENCE(P,T3) Semences du produit P a reserver en periode T3 de la
 * periode de recolte pour la saison suivante
 STOCKR(c) Stock du produit c a la fin de la periode '13' destinee
 * a la consommation pendant la periode de recolte de la
 * saison agricole prochaine
 STSEC(c) Stock de securite du produit c a la fin de la saison
 * agricole de l'annee 2
 CONN(N,T4) Consommation en nutriments N dans la periode T4
 DEF(N,T4) Deficit en nutriment N dans la periode T4
 DEFREC(N) Deficit en nutriment N dans la periode de recolte de
 * la saison agricole prochaine si on ne considere pas
 * la production pendant cette periode
 VALCHEP Valeur du cheptel
 FIN(T4) Moyens financier a la fin de la periode T4
 CRED(T4) Credit acquis au debut de la periode T4
 CREDT7 Credit total acquis a la fin de la periode '7'
 CREDT(T4) Credit total acquis a la fin de la periode T4 ;

EQUATIONS

- OBJ Objective
 PARCELL1 Contrainte de terre (type du sol S1)
 PARCELL2 Contrainte de terre (type du sol S2)
 PARCELL3 Contrainte de terre (type du sol S3)
 PARCELL4 Contrainte de terre (type du sol S4)
 PARCELL5 Contrainte de terre (type du sol S5)
 PARCELL6 Contrainte de terre (type du sol S6)
 PARCELL7 Contrainte de terre (type du sol S7)
 PARCELL8 Contrainte de terre (type du sol S8)
 FUMURE1 Contrainte de fumure organique
 FUMURE2(t4) Production totale de fumure en T4
 FUMURE3 Quantite de fumure disponible
 MDO1(PROP,T1) Contrainte de main d'oeuvre (pour toutes les activites
 * agricoles) dans la periode T1
 MDO2(PROP,T2) Contrainte de main d'oeuvre pour le semis des cultures
 * et preparation des sols dans la periode T2
 MDOELEV(T) Definition de la disponibilite de main d'oeuvre pour
 * les activites d'elevage en periode T4
 MDGARDE(T1) Equation pour le calcul de la main d'oeuvre de garde
 * MG1(T1) Equation pour le calcul de MOG
 * MG2(T1) Equation pour le calcul de MOG
 PROD1(P,T3) Definition de la production du produit P en periode T3
 PROD2 Contrainte d'autoproduction des cereales
 RESIDUS(t3) Residus dans la periode t3
 STOCKSEM(P,T3) Condition: quantite de semences du produit P a reserver
 * apres les recoltes pour la prochaine saison agricole
 PROD3(P,T3) Definition de la production du produit P en periode T3
 * disponible pour la consommation les ventes ...
 STOCK8(P) Bilan des stocks physiques a la fin de la periode 8
 STOCK9(P) Bilan des stocks physiques a la fin de la periode 9

STOCK10(P)	Bilan des stocks physiques a la fin de la periode 10
STOCK11(P)	Bilan des stocks physiques a la fin de la periode 11
STOCK12(P)	Bilan des stocks physiques a la fin de la periode 12
STOCK13(P)	Bilan des stocks physiques a la fin de la periode 13
STOCKR8	Bilan des stocks de residus a la fin de la periode '8'
STOCKR9	Bilan des stocks de residus a la fin de la periode '9'
STOCKR10	Bilan des stocks de residus a la fin de la periode '10'
STOCKR11	Bilan des stocks de residus a la fin de la periode '11'
STOCKR12	Bilan des stocks de residus a la fin de la periode '12'
CONRES(T8)	Consommation de residus de culture
STOCKS1(P)	Condition: le stock du produit P a la fin de la
*	periode '13' doit comprendre la quantite du produit P
*	mise a part comme stock de securite et la volume du
*	produit P destinee a la consommation pendant la periode
*	de recolte de la saison agricole prochaine
DEFICREC(N)	Definition du deficit pendant la periode de recolte de
*	la saison agricole prochaine si on ne considere pas
*	la production pendant cette periode
STOCKS2	Condition: une fraction des revenus nets devra etre
*	depenses pour la creation d'un stock de securite a la
*	fin de la saison agricole de l'annee 2
STOCKS3	Condition: le stock de SR a la fin de la periode '13' ne
*	doit pas depasser la demande consumptive de SR dans la
*	periode de recolte de l'annee agricole prochaine
CONSSR(T4)	Contrainte de la consommation du sorgho rouge
*	(uniquement consomme en 'dolo')
CONS2(T4)	Contrainte de consommation: les repas sont bases sur la
*	consommation des cereales
CONSN1(N,T4)	Definition de la consommation en nutriments N dans la
*	periode T4
CONSN2(N,T4)	Condition: la consommation en nutriments N dans la
*	periode T4 doit satisfaire une fraction minimale des
*	besoins alimentaires
DEFIC(N,T4)	Condition: le deficit en nutriments N en periode T4 est
*	egal ou plus grand que la demande moins la consommation
ESP1	Nombre de gros ruminants mâles de 0-1 an avec N(e6,0)
ESP1a	idem avec N(e6, t-1)
ESP2	idem de 1-4 ans avec N(e1,0)
ESP2a	idem avec N(e1,t-1)
ESP3	idem de 4 ans et + avec N(e2,0)
ESP3a	idem avec N(e2,t-1)
ESP4	idem femelles de 0-1 an avec N(e6,0)
ESP4a	idem avec N(e6,t-1)
ESP5	idem de 1-4 ans avec N(e4,0)
ESP5a	idem avec N(e4,t-1)
ESP6	idem de 4 ans et + avec N(e5,0)
ESP6a	idem avec N(e5, t-1)
ESP7	Nombre de petit ruminant mâle de 0-1 an avec N(e12,0)
ESP7a	idem N(e12,t-1)
ESP8	idem 1-2 ans avec N(e7,0)
ESP8a	idem avec N(e7,t-1)
ESP9	idem de 2 ans et + avec N(e8,0)
ESP9a	idem avec N(e8,t-1)
ESP10	idem femelle 0-1 an avec N(e9,0)
ESP10a	idem avec N(e9,t-1)
ESP11	idem 1-2 an avec N(e10,0)
ESP11a	idem avec N(e10,t-1)
ESP12	idem de 2 ans et + avec N(e11,0)
ESP12a	idem avec N(e11,t-1)
ESP13	Nombre de petite volaille avec N(e14,0)
ESP13a	idem avec N(e14,t-1)
ESP14	Nombre de volaille adulte avec N(e13,0)
ESP14a	idem avec N(e13,t-1)

CHEPVAL Valeur des ventes d'espece
 CHEPACH Montant des achats d'espece
 CHEPVEN Montant des ventes d'especes
 CERVEN Vente de cereales
 CERACH Achat de cereales
 VENE13 Vente de petite volaille
 ACHE13 Achat de petite volaille
 CONE13 Consommation de petite volaille
 VENBOV Vente de bovins
 ACH0 Achat de produit PT
 VEN0 Vente de produit PT
 CON0 Consommation de PT
 CONCHEP Consommation de cheptel
 FINANC1 Equation des moyens financiers
 FINANC2(T4) idem

REVENUS Revenus nets pendant la periode de distribution et
 * commercialisation

OBJ.. OPTIM =E= VALCHEP/1000
 - (SUM (N, OMEGA1(N))*(SUM (T4, DEF(N,T4))))
 - (SUM (N, OMEGA2(N))*DEFREC(N));
 PARCELL1.. SUM(JS1, SUR(JS1)*(1+LABDA(JS1,'SC1'))) =L= DSPS1;
 PARCELL2.. SUM(JS2, SUR(JS2)*(1+LABDA(JS2,'SC1'))) =L= DSPS2;
 PARCELL3.. SUM(JS3, SUR(JS3)*(1+LABDA(JS3,'SC1'))) =L= DSPS3;
 PARCELL4.. SUM(JS4, SUR(JS4)*(1+LABDA(JS4,'SC1'))) =L= DSPS4;
 PARCELL5.. SUM(JS5, SUR(JS5)*(1+LABDA(JS5,'SC1'))) =L= DSPS5;
 PARCELL6.. SUM(JS6, SUR(JS6)*(1+LABDA(JS6,'SC1'))) =L= DSPS6;
 PARCELL7.. SUM(JS7, SUR(JS7)*(1+LABDA(JS7,'SC1'))) =L= DSPS7;
 PARCELL8.. SUM(JS8, SUR(JS8)*(1+LABDA(JS8,'SC1'))) =L= DSPS8;
 FUMURE1.. SUM(J, FUM(J)*SUR(J)) =L= DSPFUM ;
 FUMURE2(T4).. PRODFUM(T4) =E= SUM(e, Ne(e,t4))*PFUM(e,T4);
 FUMURE3.. DSPFUM =E= SUM(T4, PRODFUM(T4));
 MDO1(PROP,T1).. SUM(J \$COR7(PROP,J), MO(J,T1)*SUR(J)) =L=
 DSPMO(PROP,T1) - TRANS(T1);
 MDO2(PROP,T2).. SUM(J \$COR7(PROP,J), MOSEM(J,T2)*SUR(J)) =L=
 SEMJRS(T2)*(DSPMO(PROP,T2)/DUR(T2) - TRANS(T2));
 MDGARDE(T1).. MOGARDE(T1) =E= MOG3(T1)*SUM(ES3, Ne(ES3,T1))
 + MOG1(T1) + MOG2(T1) * SUM(ES4, Ne(ES4,T1));
 MDOELEV(T1).. MOGARDE(T1) + SUM(J,MOR(J,T1)*SUR(J))
 =L= DSPMOE(T1) + TRANS(T1);
 PROD1(P,T3).. PRO(P,T3) =E= SUM(J, REND(J,P,T3)*SUR(J)) ;
 PROD2.. SUM((C2,t3), PRO1(C2,T3)) =G=
 ALPHA*SUM(C2, SUM(T4, CON(C2,T4))) ;
 RESIDUS(t3).. PRODR(t3) =E= SUM((J,p),RENDR(J,P,t3)*SUR(J));
 STOCKSEM(P,T3).. SEMENCE(P,T3) =E=
 SEM1(P,T3)*SUM(J, SUR(J)*(REND2(J,P) GT 0)) ;
 PROD3(P,T3).. PRO1(P,T3) =E= PRO(P,T3) - SEMENCE(P,T3) ;
 STOCK8(P).. STOCK(P,'M8') =E= (1-PERT('M8',P))*STOCK7(P)
 + (1-PERT('M8',P)/2)*(PRO1(P,'M8') + ACH(P,'M8')
 - VEN(P,'M8') - CON(P,'M8'));
 STOCK9(P).. STOCK(P,'M9') =E= (1-PERT('M9',P))*STOCK(P,'M8')
 + (1-PERT('M9',P)/2)*(PRO1(P,'M9') + ACH(P,'M9')
 - VEN(P,'M9') - CON(P,'M9'));
 STOCK10(P).. STOCK(P,'M10') =E= (1-PERT('M10',P))*STOCK(P,'M9')
 + (1-PERT('M10',P)/2)*(PRO1(P,'M10') + ACH(P,'M10')
 - VEN(P,'M10') - CON(P,'M10'));
 STOCK11(P).. STOCK(P,'M11') =E= (1-PERT('M11',P))*STOCK(P,'M10')
 + (1-PERT('M11',P)/2)*(ACH(P,'M11')
 - VEN(P,'M11') - CON(P,'M11'));
 STOCK12(P).. STOCK(P,'M12') =E= (1-PERT('M12',P))*STOCK(P,'M11')
 + (1-PERT('M12',P)/2)*(ACH(P,'M12')
 - VEN(P,'M12') - CON(P,'M12'));
 STOCK13(P).. STOCK(P,'M13') =E= (1-PERT('M13',P))*STOCK(P,'M12')

$$+ (1 - \text{PERT}('M13', P) / 2) * (\text{ACH}(P, 'M13') - \text{VEN}(P, 'M13') - \text{CON}(P, 'M13'));$$

$$\begin{aligned} \text{STOCKR8..} & \text{STOCKRES}('m8') = E = (1 - \text{PERTER}('m8') / 2) * (\text{PRODR}('m8')); \\ \text{STOCKR9..} & \text{STOCKRES}('m9') = E = (1 - \text{PERTER}('m9')) * \text{STOCKRES}('m8') + \\ & (1 - \text{PERTER}('m9') / 2) * (\text{PRODR}('m9')); \\ \text{STOCKR10..} & \text{STOCKRES}('m10') = E = (1 - \text{PERTER}('m10')) * \text{STOCKRES}('m9') + \\ & (1 - \text{PERTER}('m10') / 2) * (\text{PRODR}('m10')); \\ \text{STOCKR11..} & \text{STOCKRES}('m11') = E = (1 - \text{PERTER}('m11')) * \text{STOCKRES}('m10') - \\ & (1 - \text{PERTER}('m11') / 2) * \text{CONR}('m11'); \\ \text{STOCKR12..} & \text{STOCKRES}('m12') = E = (1 - \text{PERTER}('m12')) * \text{STOCKRES}('m11') - \\ & (1 - \text{PERTER}('m12') / 2) * \text{CONR}('m12'); \end{aligned}$$

* les especes mangent les residus seulement dans les periodes 11, 12 et
 * 13. On suppose que dans les autres periodes ils mangent le fourrage
 * des paturages. On stock jusqu'a la periode 12. Dans la period 13 les
 * animaux sont dans les paturages.

$$\begin{aligned} \text{CONRES}(T8).. & \text{CONR}(T8) = E = \text{SUM}(E, \text{BF}(E, T8) * \text{Ne}(E, T8)); \\ \text{STOCKS1}(c).. & \text{STOCK}(c, 'm13') = G = \text{STSEC}(c) + \text{STOCKR}(c); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DEFICREC}(N).. & \text{DEFREC}(N) = G = \\ & \text{theta1}(n) * \text{DEMREC}(N) - \text{SUM}(c, \text{VALN}(c, N) * \text{STOCKR}(c)); \\ \text{STOCKS2..} & \text{SUM}(c, \text{PRA}(c) * \text{STSEC}(c)) = G = \text{BETA} * \text{REV}; \\ \text{STOCKS3..} & \text{STOCK}('SR', 'm13') = L = \\ & \text{DEMSR}('m8') + \text{DEMSR}('m9') + \text{DEMSR}('m10'); \\ \text{CONSSR}(T4).. & \text{CON}('SR', T4) = L = \text{DEMSR}(T4); \\ \text{CONS2}(T4).. & \text{SUM}(C2, \text{CON}(C2, T4) * \text{VALN}(C2, 'KC')) = G = \\ & \text{THETA2} * (\text{CONN}('KC', T4) - \text{CON}('SR', T4) * \text{VALN}('SR', 'KC')); \\ \text{CONSN1}(N, T4).. & \text{CONN}(N, T4) = E = \text{SUM}(PT, \text{CON}(PT, T4) * \text{VALN}(PT, N)); \\ \text{CONSN2}(N, T4).. & \text{CONN}(N, T4) = G = \text{THETA3}(N) * \text{DEM}(N, T4); \\ \text{DEFIC}(N, T4).. & \text{DEF}(N, T4) = G = \text{THETA1}(N) * \text{DEM}(N, T4) - \text{CONN}(N, T4); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP1..} & \text{Ne}('E1', 'm1') = E = \text{N0}('E6') * \text{TRG} * \text{ALPH}('m1') * (1 - \text{TM}('E1', 'm1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E1') * (1 - \text{TM}('E1', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E1', 'm1') - \text{VEN}('E1', 'm1') \\ & - \text{CON}('E1', 'm1')) * (1 - \text{TM}('E1', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP1a}(T)\$(\text{ord}(t) \text{ ge } 2).. & \\ \text{Ne}('E1', T) = E = & \text{Ne}('E6', T-1) * \text{TRG} * \text{ALPH}(T) * (1 - \text{TM}('E1', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E1', T-1) * (1 - \text{TM}('E1', T)) \\ & + (\text{ACH}('E1', T) - \text{VEN}('E1', T) \\ & - \text{CON}('E1', T)) * (1 - \text{TM}('E1', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP2..} & \text{Ne}('E2', 'm1') = E = (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E1') * (1 - \text{TM}('E2', 'M1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E2')) * (1 - \text{TM}('E2', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E2', 'm1') - \text{VEN}('E2', 'm1') \\ & - \text{CON}('E2', 'm1')) * (1 - \text{TM}('E2', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP2a}(T)\$(\text{ORD}(T) \text{ GE } 2).. & \\ \text{Ne}('E2', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E1', T-1) * (1 - \text{TM}('E2', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E2', T-1) * (1 - \text{TM}('E2', T)) \\ & + (\text{ACH}('E2', T) - \text{VEN}('E2', T) \\ & - \text{CON}('E2', T)) * (1 - \text{TM}('E2', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP3..} & \text{Ne}('E3', 'm1') = E = (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E2') / 3 * (1 - \text{TM}('E3', 'M1') / 2) \\ & + \text{N0}('E3')) * (1 - \text{TM}('E3', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E3', 'm1') - \text{VEN}('E3', 'm1') \\ & - \text{CON}('E3', 'm1')) * (1 - \text{TM}('E3', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP3a}(T)\$(\text{ORD}(T) \text{ GE } 2).. & \\ \text{Ne}('E3', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E2', T-1) / 3 * (1 - \text{TM}('E3', T) / 2) \\ & + \text{Ne}('E3', T-1) * (1 - \text{TM}('E3', T)) \\ & + (\text{ACH}('E3', T) - \text{VEN}('E3', T) \\ & - \text{CON}('E3', T)) * (1 - \text{TM}('E3', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP4..} & \text{Ne}('E4', 'm1') = E = \text{N0}('E6') * \text{TRG} * \text{ALPH}('m1') * (1 - \text{TM}('E4', 'm1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E4') * (1 - \text{TM}('E4', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E4', 'm1') - \text{VEN}('E4', 'm1') \\ & - \text{CON}('E4', 'm1')) * (1 - \text{TM}('E4', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP4a}(T)\$(\text{ord}(t) \text{ ge } 2).. & \\ \text{Ne}('E4', T) = E = & \text{Ne}('E6', T-1) * \text{TRG} * \text{ALPH}(T) * (1 - \text{TM}('E4', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E4', T-1) * (1 - \text{TM}('E4', T)) \\ & + (\text{ACH}('E4', T) - \text{VEN}('E4', T) \end{aligned}$$

$$- \text{CON}('E4', T) * (1 - \text{TM}('E4', T) / 2);$$

$$\begin{aligned} \text{ESP5..} \quad \text{Ne}('E5', 'm1') = E = & (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E4') * (1 - \text{TM}('E5', 'M1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E5') * (1 - \text{TM}('E5', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E5', 'm1') - \text{VEN}('E5', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E5', 'm1') * (1 - \text{TM}('E5', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP5a(T)\$(ORD(T) GE 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E5', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E4', T - 1) * (1 - \text{TM}('E5', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E5', T - 1) * (1 - \text{TM}('E5', T)) \\ & + (\text{ACH}('E5', T) - \text{VEN}('E5', T)) \\ & - \text{CON}('E5', T) * (1 - \text{TM}('E5', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP6..} \quad \text{Ne}('E6', 'm1') = E = & (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E5') / 3 * (1 - \text{TM}('E6', 'M1') / 2) \\ & + \text{N0}('E6')) * (1 - \text{TM}('E6', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E6', 'm1') - \text{VEN}('E6', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E6', 'm1') * (1 - \text{TM}('E6', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP6a(T)\$(ORD(T) GE 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E6', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E5', T - 1) / 3 * (1 - \text{TM}('E6', T) / 2) \\ & + \text{Ne}('E6', T - 1)) * (1 - \text{TM}('E6', T)) \\ & + (\text{ACH}('E6', T) - \text{VEN}('E6', T)) \\ & - \text{CON}('E6', T) * (1 - \text{TM}('E6', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP7..} \quad \text{Ne}('E7', 'm1') = E = & \text{N0}('E12') * \text{TRP} * \text{ALPH}('m1') * (1 - \text{TM}('E7', 'm1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E7') * (1 - \text{TM}('E7', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E7', 'm1') - \text{VEN}('E7', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E7', 'm1') * (1 - \text{TM}('E7', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP7a(T)\$(ord(t) ge 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E7', T) = E = & \text{Ne}('E12', T - 1) * \text{TRP} * \text{ALPH}(T) * (1 - \text{TM}('E7', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E7', T - 1) * (1 - \text{TM}('E7', T)) \\ & + (\text{ACH}('E7', T) - \text{VEN}('E7', T)) \\ & - \text{CON}('E7', T) * (1 - \text{TM}('E7', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP8..} \quad \text{Ne}('E8', 'm1') = E = & (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E7') * (1 - \text{TM}('E8', 'M1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E8')) * (1 - \text{TM}('E8', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E8', 'm1') - \text{VEN}('E8', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E8', 'm1') * (1 - \text{TM}('E8', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP8a(T)\$(ORD(T) GE 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E8', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E7', T - 1) * (1 - \text{TM}('E8', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E8', T - 1)) * (1 - \text{TM}('E8', T)) \\ & + (\text{ACH}('E8', T) - \text{VEN}('E8', T)) \\ & - \text{CON}('E8', T) * (1 - \text{TM}('E8', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP9..} \quad \text{Ne}('E9', 'm1') = E = & (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E8') * (1 - \text{TM}('E9', 'M1') / 2) \\ & + \text{N0}('E9')) * (1 - \text{TM}('E9', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E9', 'm1') - \text{VEN}('E9', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E9', 'm1') * (1 - \text{TM}('E9', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP9a(T)\$(ORD(T) GE 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E9', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E8', T - 1) * (1 - \text{TM}('E9', T) / 2) \\ & + \text{Ne}('E9', T - 1)) * (1 - \text{TM}('E9', T)) \\ & + (\text{ACH}('E9', T) - \text{VEN}('E9', T)) \\ & - \text{CON}('E9', T) * (1 - \text{TM}('E9', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP10..} \quad \text{Ne}('E10', 'm1') = E = & \text{N0}('E12') * \text{TRP} * \text{ALPH}('m1') * (1 - \text{TM}('E10', 'm1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E10') * (1 - \text{TM}('E10', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E10', 'm1') - \text{VEN}('E10', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E10', 'm1') * (1 - \text{TM}('E10', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP10a(T)\$(ord(t) ge 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E10', T) = E = & \text{Ne}('E12', T - 1) * \text{TRP} * \text{ALPH}(T) * (1 - \text{TM}('E10', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E10', T - 1) * (1 - \text{TM}('E10', T)) \\ & + (\text{ACH}('E10', T) - \text{VEN}('E10', T)) \\ & - \text{CON}('E10', T) * (1 - \text{TM}('E10', T) / 2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ESP11..} \quad \text{Ne}('E11', 'm1') = E = & (\text{ALPH}('m1') * \text{N0}('E10') * (1 - \text{TM}('E11', 'M1') / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}('m1')) * \text{N0}('E11')) * (1 - \text{TM}('E11', 'm1')) \\ & + (\text{ACH}('E11', 'm1') - \text{VEN}('E11', 'm1')) \\ & - \text{CON}('E11', 'm1') * (1 - \text{TM}('E11', 'm1') / 2); \end{aligned}$$

ESP11a(T)\$(ORD(T) GE 2)..

$$\begin{aligned} \text{Ne}('E11', T) = E = & (\text{ALPH}(T) * \text{Ne}('E10', T - 1) * (1 - \text{TM}('E11', T) / 2) \\ & + (1 - \text{ALPH}(T)) * \text{Ne}('E11', T - 1)) * (1 - \text{TM}('E11', T)) \\ & + (\text{ACH}('E11', T) - \text{VEN}('E11', T)) \\ & - \text{CON}('E11', T) * (1 - \text{TM}('E11', T) / 2); \end{aligned}$$

```

ESP12..   Ne('E12','m1') =E= (ALPH('m1')*N0('E11')*(1-TM('E12','M1')/2)
        + N0('E12'))*(1-TM('E12','m1'))
        + (ACH('E12','m1') - VEN('E12','m1')
        - CON('E12','m1'))*(1-TM('E12','m1')/2);

ESP12a(T)$(ORD(T) GE 2)..
        Ne('E12',T) =E= (ALPH(T)*Ne('E11',T-1)*(1-TM('E12',T)/2)
        + Ne('E12',T-1))*(1-TM('E12',T))
        + (ACH('E12',T) - VEN('E12',T)
        - CON('E12',T))*(1-TM('E12',T)/2);

ESP13..   NE('E13','m1') =E= N0('E14')*TRV*ALPH('m1')*(1-TM('E13','m1')/2)
        + N0('E13')*(1-TM('E13','m1'));

ESP13a(T)$(ORD(T) GE 2)..
        NE('E13',T) =E= NE('E14',T-1)*TRV*ALPH(T)*(1-TM('E13',T)/2)
        + NE('E13',T-1)*(1-TM('E13',T));

ESP14..   NE('E14','m1') =E= N0('E13')*ALPH('m1')*(1-TM('E14','m1')/2)
        + N0('E14')*(1-TM('E14','m1'))
        + (ACH('E14','m1') - VEN('E14','m1')
        - CON('E14','m1'))*(1-TM('E14','m1')/2);

ESP14a(T)$(ORD(T) GE 2)..
        NE('E14',T) =E= NE('E13',T-1)*ALPH(T)*(1-TM('E14',T)/2)
        + NE('E14',T-1)*(1-TM('E14',T))
        + (ACH('E14',T) - VEN('E14',T)
        - CON('E14',T))*(1-TM('E14',T)/2);

CHEPVAL..   VALCHEP =E= SUM(E, Ne(E,'m13')*PRV(E));
CHEPACH(E,T10).. ACH(E,T10) =E= 0;
CHEPVEN(E,T11).. VEN(E,T11) =E= 0;
CERVEN(P,T10).. VEN(P,T10) =E= 0;
CERACH(P,T11).. ACH(P,T11) =E= 0;
VENE13(T)..   VEN('E13',T) =E= 0;
ACHE13(T)..   ACH('E13',T) =E= 0;
CONE13(T)..   CON('E13',T) =E= 0;
VENBOV(ES3,T).. VEN(ES3,T) =E= 0;
ACH0(P,T15).. ACH(P,T15) =E= 0;
VEN0(P,T15).. VEN(P,T15) =E= 0;
CON0(P,T15).. CON(P,T15) =E= 0;
CONCHEP(E,T).. CON(E,T) =E= 0;

FINANC1..   FIN('M8') =E=
        (1+TINT1('M8'))*FIN7 +
        (1+TINT1('M8')/2)*(RNA('M8') - DNA('M8') -
        SUM(P,T, PRA(P,T)*ACH(P,T,'M8')) +
        SUM(P,T, PRV(P,T)*VEN(P,T,'M8')));

FINANC2(t4)$(ORD(T4) GE 2)..   FIN(T4) =E=
        (1+TINT1(T4))*FIN(T4-1) +
        (1+TINT1(T4)/2)*(RNA(T4) - DNA(T4) -
        SUM(P,T, PRA(P,T)*ACH(P,T,T4)) +
        SUM(P,T, PRV(P,T)*VEN(P,T,T4)));

REVENUS..   REV =E= FIN('m13') - FIN7 ;

MODEL culta /ALL/ ;

option sysout = off;
*option limrow = 15;
*option limcol = 15;
option lp=minos5;
OPTION ITERLIM = 2000 ;
SOLVE culta USING LP maximizing OPTIM ;

display rev.l, sur.l, pro.l, prodr.l, ne.l, prodfum.l, trans.l, stock.l;
display stockres.l, conr.l, con.l, ven.l, ach.l, semence.l, stockr.l;
display stsec.l, conn.l, def.l, defrec.l, valchep.l, fin.l;
display parcell1.m, parcell2.m, parcell3.m, parcell4.m, parcell5.m;
display parcell6.m, parcell7.m, parcell8.m, fumure1.m, mdo1.m;
display mdo2.m, mdoelev.m

```

TABLE DE MATIERES

CHAPITRE INTRODUCTIF: POURQUOI ET COMMENT INTÉGRER	
LA CULTURE ET L'ÉLEVAGE	1
I.1: LES PROBLÈMES DE LA PRODUCTION AGRICOLE.	2
I.1.1. Les actions de développement agricole.	2
I.1.2. Les conditions de l'autosuffisance alimentaire.	4
I.1.3. Les questions de l'intégration culture-élevage.	5
I.2. CADRE THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE.	7
I.2.1. Le cadre théorique.	7
I.2.2. Approche méthodologique	10
I.2.3. Objectifs et Structure du document.	13
CHAPITRE DEUX: L'INTEGRATION CULTURE-ELEVAGE: UN PROCESSUS.	14
II.1. LES SYSTÈMES DE PRODUCTION	15
II.1.1. Effet démographique et évolution des systèmes de production.	15
a)/ Les étapes de l'évolution des systèmes de production	15
b)/ Effet démographique sur la pratique de la jachère ou la durée de culture.	16
II.1.2. Des systèmes spécialisés (culture, élevage) à l'interaction des systèmes.	19
II.2. LES RAPPORTS ENTRE ÉLEVEURS-PEULS ET CULTIVATEURS.	21
II.2.1. Les rapports économiques: les contrats.	21
a)/ Le contrat de confiage.	22
b)/ Contrat de fumure.	24
II.2.2. Les droits et obligations fondés sur la coutume.	25
a)/ La cession des terres.	26
b)/ La gestion de l'espace et les conflits.	27
II.3. LA TRANSITION VERS L'INTEGRATION CULTURE-ELEVAGE.	28
II.3.1. Le processus vers l'intégration.	29
a)/ Les conditions favorables à l'intégration.	30
b)/ Amélioration de la qualité du fumier.	31
II.3.2. L'intégration modifie la répartition des facteurs de production.	32
CONCLUSION DU CHAPITRE II	33
CHAPITRE TROIS: L'EXPLOITATION ET SON ENVIRONNEMENT.	34
III.1. LES CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION	34
III.1.1. Les mutations techniques et économiques.	35
a)/ Les aspects techniques.	35
b)/ Les caractéristiques des marchés.	38
III.1.2. La gestion de l'exploitation	40
a)/ L'organisation de la production.	40
b)/ Les connaissances techniques.	41
III.2. PRODUCTION ANIMALE ET GESTION DES PÂTURAGES.	44
III.2.1. L'élevage: les fonctions économiques.	44
a)/ Les objectifs de production.	44
b)/ Les stratégies de production	46
III.2.2. Les facteurs de production animale	47
a)/ Les pâturages et leur gestion.	47
b)/ Les sous-produits.	50
III.2.3. Les produits animaux	51
III.3. LES RELATIONS ENTRE LA CULTURE ET L'ÉLEVAGE.	54
III.3.1. Les relations de concurrence: la main-d'oeuvre.	54

III.3.2. Les relations de complémentarité: la consommation.	56
CONCLUSION DU CHAPITRE III	59
CHAPITRE QUATRE: LES MODÈLES DE CULTURE, D'ÉLEVAGE ET LES INTERACTIONS.	60
IV.1. LE MODÈLE DE CULTURE (MAATMAN, SCHWEIGMAN, RUIJS).	61
IV.1.1. La notion de "l'exploitation centrale"	61
IV.1.2. Les éléments de base du modèle	62
IV.1.3. Les formules de base.	65
IV.2. LE MODÈLE D'ÉLEVAGE.	73
IV.2.1. Les éléments de base du modèle.	73
IV.2.2 Les variations du nombre d'animaux	75
IV.2.3 Disponibilité de fourrage et d'eau.	80
IV.2.4. Disponibilité de fumure organique.	82
IV.3. LE MODÈLE INTÉGRÉ.	83
IV.3.1. La période de planification	83
IV.3.2. La production des cultures.	85
IV.3.3. La production animale: la fumure.	87
IV.3.4. La main-d'oeuvre.	88
IV.3.5. Bilans financiers.	93
IV.3.6. Stratégie optimale.	96
CONCLUSION DU CHAPITRE IV.	98
CHAPITRE CINQ: LES ENSEIGNEMENTS DU MODÈLE INTÉGRÉ.	99
V.1. PRODUCTION CÉRÉALIÈRE ET PRODUCTION ANIMALE: QUELLE POSSIBILITÉ.	100
V.2. PRODUCTION ET CONSOMMATION DE L'EXPLOITATION	103
V.2.1: Production et consommation de produits végétaux	103
V.2.2. Les ventes et les achats.	105
V.3. DES ÉLÉMENTS POUR APPROFONDIR OU AMÉLIORER LE MODÈLE	109
V.3.1. Données sur le fourrage et l'eau.	109
V.3.2. Données sur les espèces.	110
CONCLUSION DU CHAPITRE V	111
CHAPITRE SIX: L'ARACHIDE ET LE SORGHO BLANC LIENS FONDAMENTAUX DE L'INTÉGRATION: EN GUISE DE CONCLUSION	112
VI.1: LES LEÇONS DE L'ÉTUDE	113
VI.1.1: Pourquoi l'intégration culture-élevage a été longtemps négligée?	113
VI.1.2: Pourquoi l'intégration pourrait être une solution?	114
VI.1.3: Quelles sont les meilleures possibilités d'intégrer la culture et l'élevage?	116
VI.2: L'ARACHIDE ET LE SORGHO BLANC, LIENS FONDAMENTAUX DE L'INTÉGRATION CULTURE-ÉLEVAGE ET LES IMPLICATIONS EN TERMES DE POLITIQUES.	117
VI.3: QUELQUES OBSERVATIONS POUR TERMINER	120
BIBLIOGRAPHIE	123
A N N E X E S	132
ANNEXE 0: RECAPITULATIF DU CHAPITRE QUATRE	133

