TABLES DES MATIERES

DEDICACE i

TABLES DES MATIERES ii

REMERCIEMENTS v

SIGLES ET ABREVIATIONS vi

LISTE DES TABLEAUX vii

LISTE DES FIGURES vii

RESUME viii

ABSTRACT ix

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : EVALUATION EX-ANTE DES EFFETS DE L'AGRICULTURE DE CONSERVATION 3

1.1. Les principes de l'agriculture de conservation 3

1.1.1. Le travail minimum du sol 3

1.1.2. La couverture permanente du sol 3

1.1.3. La rotation et l'association des cultures 4

1.2. Les contraintes à l'adoption de l'agriculture de conservation, un défi pour la recherche 5

1. 3. L'évaluation ex-ante des systèmes de culture innovants 5

1.4. La modélisation, outil d'évaluation ex-ante des systèmes de culture innovants 6

1.4.1. La modélisation et les systèmes d'agriculture de conservation 7

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES 9

2.1. Zone de l'étude 9

2.1.1. Situation géographique 9

2.1.2. Climat 10

2.1.3. Relief, sol, végétation et hydrographie 10

2.1.4. Population et activités 11

2.2. Méthodologie 11

2.2.1. Réalisation de la typologie des exploitations 11
2.2.1.1. Choix de l'échantillon 11
2.2.1.2. Enquêtes de fonctionnement des exploitations 12
2.2.1.3. Analyse des données et élaboration de la typologie 12
2.2.2. Adaptation d'un modèle : le modèle Cikeda 16
2.2.2.1. Présentation du modèle à adapter. 16
2.2.2.2. Démarche d'adaptation du modèle 19
2.2.2.3. Validation du modèle 20
2.2.3. Elaboration du scénario d'AC et analyse des données de simulation. 21
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 22
3.1. Résultats 22
3.1.1. Typologie des exploitations 22
3.1.1.1. Interprétation des axes factoriels 22
3.1.1.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH) 24
3.1.1.3. Projection des classes sur le plan factoriel et description des types d'exploitations 25
3.1.1.3.1. Type 1 : Exploitations équipées à stratégie cotonnière 25
3.1.1.3.2. Type 2 : Exploitations équipées à stratégie céréalière 26
3.1.1.3.3. Type 3 : Exploitations non équipées à stratégie céréalière 27
3.1.1.3.4. Type 4 : Exploitations équipées à stratégie d'élevage 27
3.1.2. Adaptation du modèle 28
3.1.2.1. Adaptations apportées aux modules existants 29
3.1.2.2. Nouveau module « charge de travail » 32
3.1.3. Effets de l'intégration de systèmes d'AC sur les performances des exploitations. 34
3.1.3.1. Effet sur le bilan céréalier et le solde économique des exploitations. 36
3.1.3.2. Effet sur le bilan fourrager et la charge de travail des exploitations 38
3.1.3.3. Effet sur le bilan minéral apparent des parcelles 40
3.2. Discussion 42

3.2.1. Situation des types d'exploitations par rapport l'Agriculture de Conservation 42

3.2.2. Effets du scénario d'AC sur les performances des exploitations. 43

3.2.3. Le modèle adapté : un outil à améliorer. 45

CONCLUSION GENERALE 47

BIBLIOGRAPHIE 48

ANNEXE I

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire m'offre l'occasion de témoigner de mon humble reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à rendre le travail effectif.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à :

- **Dr Valentine C. YAPI-GNAORE, Directrice générale du CIRDES,** directeur de recherche, de nous avoir accepté au sein de sa structure ;

- **Dr Augustin B. KANWE**, **Chef de l'URPAN,** pour ses conseils et sa disponibilité ;

- **Dr Nadine ANDRIEU**, Chercheur agronome au CIRAD, notre maître de stage pour son excellent suivi et sa constante disponibilité au cours des travaux de terrain et de la rédaction de ce mémoire. Nous lui adressons nos sincères remerciements ;

- **Dr Mamadou TRAORE**, Enseignant-Chercheur à l'IDR/UPB, notre directeur de mémoire pour sa totale disponibilité, et ses suggestions lors de ce stage;

- **M. Kalifa COULIBALY**, Ingénieur agronome au CIRDES pour ses corrections et ses conseils ;

- **M. Innocent BAYALA**, technicien au CIRDES pour ses conseils et sa disponibilité à mes sollicitations tout le long de mon travail ;

- au **corps professoral de l'IDR**, pour l'inestimable contribution à notre formation académique ;

- au **personnel du CIRDES**, pour sa franche coopération durant le stage ;

- aux **étudiants stagiaires** du CIRDES pour leurs soutiens et à l'environnement amical propice au travail, ainsi que l'ambiance cordiale et fraternelle qu'ils ont entretenue tout au long des moments passés ensemble, qu'ils trouvent ici ma sympathie ;

- également à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

SIGLES ET ABREVIATIONS

ABACO : Agro-ecology Based Aggradation Conservation Agriculture

AC : Agriculture de Conservation

ACM : Analyse des Correspondances Multiple

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CCV : Comité de Concertation Villageois

CIRDES : Centre International de Recherche Développement sur l'Elevage en zone Subhumide

CVD : Conseil Villageois de Développement

ICRAF : Conseil International pour la Recherche en Agroforesterie

IDR : Institut du Développement Rural

MAD : Matière Azotée Digestible

SCV : Semis sur Couverture Végétale

TCS : Techniques Culturales Simplifiées

UDPC : Union Départementale des Producteurs de Coton

UE : Union Européenne

UF : **U**nité Fourragère

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

URPAN : Unité de Recherche sur les Productions Animales.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Variables de fonctionnement (variables actives)..... 13
Tableau II : Variables de structure (variables supplémentaires) 15
Tableau III : Les principales variables d'entrée et de sortie ajoutées aux modules existants . 30
Tableau IV : Les principales variables d'entrée et de sortie du module charge de travail..... 33
Tableau V : Principales caractéristiques des exploitations pour le scenario initial 35
Tableau VI : Assolements des exploitations pour le scenario d'agriculture de conservation . 36

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte simplifiée de Koumbia et de Waly 9
Figure 2 : Evolution des hauteurs d'eau et du nombre de jours de pluie de 2005 à 2011 dans la commune de Koumbia 10
Figure 3 : Modèle conceptuel de Cikeda 18
Figure 4 : Représentation des modalités des variables actives dans le plan factoriel (1,2) 22
Figure 5 : Représentation des variables supplémentaires dans le plan factoriel (1,2) 23
Figure 6 : Diagramme de la classification ascendante hiérarchique 24
Figure 7 : Projection des types d'exploitation dans le plan factoriel (1,2) 25
Figure 8 : Modèle conceptuel après adaptation 29
Figure 9 : Bilan céréalier de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des exploitations 36
Figure 10 Solde économique de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des exploitations..... 37
Figure 11 : Bilan fourrager (en UF en MAD) de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des animaux alimentés sur les exploitations en saison sèche chaude. 38
Figure 12 Charge de travail de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des exploitations pour la période d'hivernage, de saison sèche froide et de saison sèche chaude..... 39
Figure 13 : Bilan N, P et K apparent des parcelles des principales céréales (maïs ou sorgho) pour le scénario de mise en œuvre de l'AC et pour la situation initiale des exploitations dans le cas d'une année de pluviométrie favorable. 40
Figure 14 : Bilan N, P et K apparent des parcelles des principales céréales (maïs ou sorgho) pour le scénario de mise en œuvre de l'AC et pour la situation initiale des exploitations dans le cas d'une année de pluviométrie défavorable. 41

RESUME

La dégradation des sols est reconnue comme l'une des causes des faibles niveaux de production dans de nombreuses zones subsahariennes. L'agriculture de conservation en tant que mode de gestion des agro-systèmes permet dans de nombreux contextes d'accroitre la production tout en réduisant la dégradation des sols. Dans notre étude nous avons évalué à l'aide du modèle Cikeda les effets potentiels de l'intégration de systèmes d'agriculture de conservation sur les performances technico-économiques des exploitations de Koumbia, en zone cotonnière ouest du Burkina Faso. La méthode a consisté dans un premier temps à la réalisation d'une typologie des exploitations en référence à la convergence ou à la divergence de leurs pratiques par rapport aux principes de l'agriculture de conservation. Pour cela, des données sur les caractéristiques de structure et de fonctionnement technique de 30 exploitations ont été collectées par enquête. Le modèle Cikeda a ensuite été adapté à la prise en compte de scénarios d'intégration de systèmes d'agriculture de conservation dans les exploitations types. Les résultats de simulations indiquent que la mise en œuvre des systèmes impliquant l'association des céréales avec le niébé augmente le solde économique des exploitations, améliore le bilan fourrager des animaux complémentés en saison sèche chaude et aussi le bilan minéral des parcelles. Toutefois, cela s'accompagne d'une diminution du bilan céréalier et d'une augmentation des charges de travaux des exploitations. Il ressort de cette étude que les exploitations ayant les pratiques s'écartant des principes de l'agriculture de conservation semblent les plus aptes à l'intégration des systèmes d'agriculture de conservation**.**

Mots clés : agriculture de conservation, modèle, performances technico-économiques, exploitations, Koumbia

Rapport-Gratuit.com

ABSTRACT

Land degradation is recognized as a cause of low production in many sub-Saharan areas. Conservation agriculture as an alternative for agricultural land management in farming system provides in many contexts production increase while reducing land degradation. In our study, we evaluated the potential effects of introducing conservation agriculture systems on the technical and economical performances of the farm, using a farm scale model. The study was conducted in Koumbia located in the western cotton growing zone of Burkina Faso. The method involved the realization of a farm typology based on the analysis for a sample of 30 farmers of the convergence or divergence of their practices to the principles of conservation agriculture. An existing model was subsequently adapted to simulate scenarios of introduction of conservation agriculture system into the types of farm. Simulation results showed that the implementation of systems involving the association of cereals with cowpea increased the economic balance, improves the forage balance of animals complemented during the hot dry season and also the mineral status of the fields. However it led to cereal balance decrease and workloads increase. The study showed that the farms with the practices diverging from the conservation agriculture principles seems most likely to introduce systems of conservation agriculture.

Keywords: conservation agriculture, model, technical and economic performance, farms,

Koumbia

INTRODUCTION

La croissance démographique mondiale notamment dans les pays du sud impose à l'agriculture de produire plus de produits alimentaires, cela de manière urgente dans de nombreux pays africains où les populations essentiellement rurales vivent de l'agriculture (Bwalya et Friedrich, 2002). Cependant, le mode de production (forte mécanisation, l'utilisation d'importantes quantités de fertilisants chimiques et de pesticides, l'utilisation abondante d'eau pour l'irrigation, etc.) ayant permis aux pays développés d'accroître considérablement leur productivité est de plus en plus soumis à de fortes pressions (Meynard *et al.*, 2006). Ces pressions concernent l'augmentation du coût des intrants (particulièrement les énergies fossiles), la rareté de l'eau, le changement climatique et la dégradation des écosystèmes (dégradation des terres, pollution des nappes phréatiques) et de la biodiversité (Ashburner *et al.*, 2002 ; Blazy, 2008). En effet, l'agriculture conventionnelle, caractérisée par le travail répété du sol, l'exportation ou le brûlis des résidus de cultures et la domination de la monoculture entraine à long terme une dégradation de la structure du sol et une diminution de la matière organique. Cela conduit à l'érosion et une baisse de fertilité du sol (Baker et *al.*, 2007 ; Sims *et al.*, 2009 ; Florentin et al., 2010). Ce processus observable dans le monde entier est fréquent en zone tropicale (FAO, 2011 ; Kassam *et al.*, 2009). Dans cette zone et en particulier dans les zones semi-arides où le sol est nu en début de saison pluvieuse, les pluies de forte intensité entrainent un ruissellement important et une dégradation rapide de la structure des sols en surface (Zougmoré *et al.*, 2000).

Dans la recherche d'une agriculture durable (productive, viable économiquement, et respectueuse des ressources naturelles), l'agriculture de conservation (AC) est présentée comme une alternative intéressante. C'est un mode de gestion des agro-systèmes fondé sur la combinaison de trois principes à savoir : le travail minimal du sol (allant jusqu'à son absence totale), la couverture permanente du sol par mulch végétal vivant ou mort (paille) et la rotation et/ou association des cultures ; selon les caractéristiques agro-écologiques, les moyens et les objectifs de l'agriculteur (Kassam et *al.*, 2009 ; Sims et *al.*, 2009).

Ce mode de production développé au USA et en Amerique latine est en progression à Madagascar, en Afrique orientale et australe (Derpsch et Friedrich 2009; Kassam et *al.*, 2009). En Afrique de l'Ouest et du Centre, il en phase d'introduction et son adoption reste encore marginale (Djamen et *al.*, 2005 ; Serpentié, 2009)

L'identification des formes d'agriculture de conservation adaptées aux contextes nécessite cependant des recherches multidisciplinaires à plusieurs échelles (Giller et *al.*, 2011). C'est

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

dans cette dynamique que notre étude est menée dans le cadre du projet Agro-ecology Based Aggradation Conservation Agriculture (ABACO) dont l'objectif est d'adapter l'agriculture de conservation aux différents types de systèmes de production présents en région semi-aride d'Afrique afin de lutter contre l'insécurité alimentaire et réhabiliter les sols. L'étude se déroule en zone cotonnière ouest du Burkina Faso (à Koumbia) et consiste en ***l'analyse « ex-ante » des effets de l'agriculture de conservation sur le fonctionnement et les performances technico-économiques des exploitations agricoles à l'aide de la modélisation.***

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact potentiel de l'intégration de systèmes d'agriculture de conservation sur le fonctionnement et les performances des exploitations à l'aide de la modélisation.

De façon spécifique, il s'agit :

- de réaliser une typologie des exploitations en référence à la convergence ou à la divergence de leurs pratiques par rapport aux principes de l'AC ;

- d'adapter un modèle existant à la simulation du fonctionnement et à l'évaluation des performances technico-économiques des exploitations intégrant les pratiques d'agriculture de conservation;

- de simuler l'effet d'un scénario de mise en œuvre de systèmes d'AC sur les performances technico-économiques d'exploitations représentatives des types identifiées à l'aide du modèle adapté.

Nous posons comme hypothèses que :

- Il existe des producteurs qui ont des pratiques de gestion de leurs exploitations proches des principes de l'agriculture de conservation ;

-L'introduction de l'agriculture de conservation sera plus bénéfique pour les producteurs ayant les pratiques les plus éloignées de celle-ci.

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à la revue de la littérature relative à l'analyse ex-ante des systèmes de cultures innovants. Le deuxième concerne la méthodologie de l'étude, et le troisième chapitre présente, analyse et discute les principaux résultats obtenus.

CHAPITRE I : EVALUATION EX-ANTE DES EFFETS DE L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

1.1. Les principes de l'agriculture de conservation

Derpsch et Friedrich (2009) définissent l'agriculture de conservation comme un système de mise en place de cultures sur un sol non labouré sur lequel on ouvre une fente limitée, juste suffisamment large et profonde pour obtenir une bonne couverture des semences ; aucun autre travail du sol n'étant effectué et le sol étant couvert de façon permanente par les résidus de la culture précédente ou des plantes de couverture. Pour certains auteurs (Bwalya et Friedrich, 2002 ; Erenstein et *al.,* 2008 ; Autfray, 2008 ; Kassam et *al.,* 2009), le terme d'agriculture de conservation fédère un ensemble de pratiques plus ou moins différenciées que sont le semis direct sous couverture végétale (SCV), le zéro labour ou " No Tillage ", le travail minimum du sol ou "minimum Tillage", le "conservation tillage" et les techniques culturales simplifiées (TCS).

1.1.1. Le travail minimum du sol

Le travail minimum du sol consiste à un travail du sol limité au lit de semis ou à un abandon total de toutes opérations de préparation du sol (semis direct), y compris un abandon ou une réduction des opérations de sarclage et de buttage mécaniques (Kassam et *al.*, 2009). Cela permet de préserver la structure du sol (Baker et *al.*, 2007). En effet contrairement au labour qui entraîne une exposition du sol à l'action de la pluie, du vent et aux températures extrêmes (Bwalya et Friedrich, 2002 ; Sims et *al.,* 2009), le travail minimum du sol limite la perturbation du sol. Le sol est de ce fait moins exposé à l'érosion hydrique et éolienne, les organismes du sol sont moins perturbés et le processus de minéralisation de la matière organique réduit (Ashburner et *al.,* 2002). Par ailleurs avec l'abandon des opérations de préparation du sol, on réduit les charges de travaux et l'utilisation de l'énergie fossile (Florentin et *al.,* 2010 ; Sustainet EA, 2010). De plus, le semis direct permet la mise en place rapide des cultures, ce qui est un avantage important surtout en zone subsaharienne.

1.1.2. La couverture permanente du sol

La couverture du sol consiste à couvrir le sol par les résidus de la culture précédente, des résidus de végétaux apportés et étalés sur le sol, ou l'installation de plantes cultivées comme cultures associées ou dérobées. Elle favorise l'infiltration de l'eau en diminuant le ruissellement et limite les pertes d'eau par évaporation (Baudron et *al.,* 2009 ; Florentin, 2010). Pour Giller et *al.,* (2011), la conservation de l'eau du sol est considérée comme l'un

des principaux attributs de l'agriculture de conservation surtout dans certaines régions d'Afrique étant donné l'irrégularité et la faiblesse des précipitations. Sur un sol couvert, l'érosion du sol est aussi réduite du fait de la réduction de l'impact des gouttes de pluie et de la vitesse du ruissellement à la surface du sol. Par ailleurs, la couverture du sol crée un microclimat qui réduit la vitesse de minéralisation de la matière organique, favorisant ainsi son accumulation dans le sol (Ashburner et *al.,* 2002). La matière organique constitue ainsi la base de la fertilité du système à cause de ses effets favorables sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (Florentin, 2010). L'une des fonctions du mulch est aussi de réduire le développement des mauvaises herbes. Tourdonnet et *al.*, 2008, note qu'un des moyens d'accroître les possibilités de régulation biologique des adventices est d'introduire des plantes de couverture dans la rotation.

1.1.3. La rotation et l'association des cultures

La rotation et l'association des cultures consistent en une combinaison adéquate des cultures dans le temps et dans l'espace (Serpentié, 2009), de manière adaptée aux conditions locales et incluant des légumineuses appropriées (Kassam et *al.,* 2009). L'association et la rotation adéquate permettent non seulement de limiter le développement des maladies et de certains insectes nuisibles, mais aussi une meilleure exploitation du profil du sol. Baudron et *al.*, (2009) soulignent que l'association des cultures principales avec des cultures secondaires à enracinement profond permet d'éviter la perte des éléments minéraux par lessivage, permettant ainsi un recyclage des éléments minéraux. En outre, les résidus de cultures à faible rapport de C/N tels que ceux de céréales peuvent souvent être à l'origine d'une faim d'azote à cause d'une immobilisation temporaire de l'azote. L'association des céréales avec les légumineuses, plantes à faible rapport C/N peut améliorer la disponibilité de l'azote et ainsi améliorer la composition de la biomasse produite (Baudron et *al.,* 2009). Par ailleurs, la rotation de diverses espèces végétales permet de diversifier la flore et la faune du sol, étant donné que les racines sécrètent différentes substances organiques qui attirent une diversité de bactéries et de champignons (FAO, 2011).

L'agriculture de conservation avec la perturbation minimum du sol et le maintien d'une couverture permanente du sol tend à imiter les systèmes naturels, particulièrement les forêts tropicales humides, dans lesquelles les éléments minéraux sont recyclés par la chute des feuilles qui sont décomposées par les microorganismes (Sims et *al.,* 2009). Elle cherche donc à pérenniser les agro-systèmes.

1.2. Les contraintes à l'adoption de l'agriculture de conservation, un défi pour la recherche

L'une des contraintes souvent évoquées à l'adoption de l'AC est le manque de références techniques. Autrement dit, comment mettre en œuvre les systèmes d'AC (Derpsch et Friedrich 2009). Pour Bwalya et Friedrich (2002) l'AC n'est ni une pratique, ni une technologie en elle-même ; elle ne peut pas être mise en place comme une "recette" en ce sens que la mise en œuvre dépend des conditions spécifiques de chaque exploitation. Il existe une diversité de systèmes d'AC compte tenu de la diversité des environnements agro-écologiques (FAO, 2011). La perception même de l'AC ; c'est-à-dire les préjugés que certains acteurs (agriculteurs, vulgarisateurs et chercheurs) ont de ce mode de production constituent un frein à son adoption (Bwalya et Friedrich, 2002 ; Derpsch et Friedrich 2009) ; cela d'autant plus que les bénéfices biophysiques de l'AC ne sont perçus qu'à plus ou moins long terme (Kassam et *al.*, 2009).

Par ailleurs les faibles quantités de pluies dans certaines régions, surtout en zone semi-aride subsaharienne constitue une contrainte à la production de quantités suffisantes de biomasses pour couvrir le sol (Giller et *al.*, 2011). A cela s'ajoute le fait que dans ces zones, les résidus de cultures qui doivent servir à couvrir le sol sont généralement utilisés pour l'alimentation du bétail (Ashburner et *al.*, 2002).

La mise en œuvre de l'AC requiert donc un changement profond dans la gestion des systèmes de production. Ce qui peut constituer selon Serpentié (2009), un handicap pour son adoption dans le contexte africain et malgache où le paysan a souvent été prudent à l'adoption de nouveaux systèmes techniques ; surtout si ces techniques présentent des avantages marginaux, ambigus, ou qu'elles exigent de réapprendre à gérer les agro-systèmes.

Les producteurs ont donc besoin d'outils simples pour comprendre comment l'AC peut ou non s'articuler avec les différentes composantes de l'exploitation (systèmes d'élevage, systèmes de culture, mode de production de la fumure) ; ainsi que ses effets biophysiques (fertilité, rendements) et socio-économiques (revenu, sécurité alimentaire et temps de travaux).

1. 3. L'éval**uation ex-ante des systèmes de culture innovants**

L'évaluation ex-ante consiste à évaluer des systèmes avant leur mise en œuvre, le plus souvent au moyen d'indicateurs et/ou d'outils de modélisation plus ou moins sophistiqués et aboutis (Novak, 2008). Pour Blazy (2008), on parle d'évaluation ex-ante d'une innovation

lorsque celle-ci n'est pas encore adoptée et qu'on ne peut donc pas en analyser les effets en les observant sur les systèmes étudiés. Elle s'oppose à l'évaluation ex-post qui est rétrospective ; c'est-à-dire qui consiste à évaluer des systèmes de production mis en œuvre sur le terrain dans des stations de recherche ou chez certains agriculteurs. Pour Rossing et *al.* (1997) l'évaluation ex-ante est une approche qui s'attache à mettre en évidence les futures options de développement, alors que l'évaluation ex-post concerne le passé et a pour objet d'évaluer les conséquences de stratégies ou de politiques agricoles.

Les méthodes d'évaluation des systèmes de culture telles que les essais factoriels en station sur des parcelles de tailles réduites et les méthodes dites participatives (méthode participative du Conseil International pour la Recherche en Agroforesterie (ICRAF) et la méthode de prototypage de Vereijken) ont longtemps été le point d'appui de l'agronome pour l'évaluation des systèmes de cultures innovants. Elles demeurent cependant trop longues et couteuses pour tester des systèmes innovants sur des climats variés, des sols et exploitations diversifiés (Novak, 2008 ; Blazy, 2008). Les outils classiques d'analyse et d'observation ne suffisent plus dans la mesure où l'objectif de l'agronome n'est plus seulement de porter un diagnostic sur une situation, mais aussi d'aider l'agriculteur à concevoir de nouveaux systèmes de cultures à une échelle dépassant la parcelle (Le Gal, 2009). Avec l'amélioration de la capacité de calcul et de stockage des ordinateurs, l'évolution de ces méthodes vers une intégration de la modélisation a permis de pallier à certaines de ces difficultés.

1.4. La modélisation, outil d'évaluation ex-ante des systèmes de culture innovants

La modélisation est l'activité qui consiste à convertir un système réel en une représentation simplifiée (Dzotsi, 2002 ; Van Ittersun et Donatelli, 2003). Elle constitue un outil précieux pour étudier le fonctionnement des systèmes de production agricole et aider à mieux comprendre les conditions de leur viabilité, ou de trouver des manières innovantes de les conduire en présence de nouvelles conditions économiques, sociales ou réglementaires (Martin-Clouaire et Rellier, 2003).

Il existe une diversité de modèles. Selon l'approche de la modélisation, on distingue les modèles de simulation et les modèles d'optimisation. Selon le niveau d'échelle ou la manière dont est représenté le système de production on peut distinguer les modèles biophysiques, les modèles décisionnels ou organisationnels, les modèles bioéconomiques et les modèles technico-économiques (Novak, 2008 ; Gouttenoire, 2010). On observe aussi des modèles issus du couplage ou de la combinaison de différents types énumérés précédemment (Andrieu

et *al.*, 2007 ; Vayssieres et Lecompte, 2007 ; Reynaud, 2009). Le choix d'un type de modélisation est essentiellement lié à l'objectif de l'étude, aux utilisateurs potentiels du modèle et la nature des données à disposition.

Les modèles sont devenus des outils privilégiés pour décrire des systèmes complexes, prédire, évaluer et aider à la prise de décision (Sterk et *al.,* 2007 ; Nesme et *al.,* 2009). Ils peuvent être utilisés à plusieurs niveaux pour aider à la conception et à l'évaluation de systèmes de production. C'est par exemple servir à générer des systèmes de production et de choisir ceux qui vont être expérimentés en milieu réel. C'est le cas de Dogliotti et *al.* (2005) qui utilisent un modèle (ROTAT) pour générer une gamme de rotations culturales ; puis un modèle d'optimisation (Farm Image) pour concevoir des systèmes de culture maximisant le revenu et minimisant les effets environnementaux (diminution de l'érosion et maintien du niveau de la matière organique).

Les modèles permettent également de tester rapidement un grand nombre d'innovations dans différents contextes (climatique, type de sol, politiques agricoles), sous différents scénarios (Sterk et *al.*, 2007 ; Blazy, 2008) ; et cela à plusieurs échelles. Pour Reynaud (2009), les modèles constituent un moyen peu couteux de générer des données pour différentes conditions météorologiques. Avec le couplage ou l'utilisation combinée de modèles, on peut évaluer la pertinence (la durabilité) d'un système par une approche transdisciplinaire ; c'est-à-dire en s'appuyant sur indicateurs agronomiques, techniques, économiques, et environnementaux.

Dans l'évaluation des résultats agronomiques de cultures, les modèles (biophysiques) permettent de prendre en compte les interactions entre de nombreux facteurs, ce qui est limité dans les dispositifs expérimentaux classiques d'essais factoriels en station (Whitbread et *al.,* 2010 ; Giller et *al.,* 2011). C'est par exemple les interactions entre la fertilité du sol, la quantité d'engrais apportée, le calendrier cultural et les conditions climatiques (Ndour et *al.,* 2006).

1.4.1. La modélisation et les systèmes d'agriculture de conservation

La majorité des données disponibles sur la gestion des cultures, des résidus de cultures, des sols et de l'eau en agriculture de conservation sont obtenues en stations expérimentales. Leur pertinence ne peut pas être extrapolée pour des échelles supérieures (Lahmar, 2006). Les modèles sont fréquemment utilisés pour l'analyse des questions à l'échelle de la parcelle. Peu de modèles ont été développés pour tenir compte de l'articulation de systèmes d'agriculture

de conservation avec les autres composantes à l'échelle de l'exploitation. Le modèle de Affholder et *al.* (2010) sur la programmation linéaire au service de l'analyse des conditions d'adoption de l'AC en Asie fournit l'un des rares exemples de modèles développés à l'échelle de l'exploitation.

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2.1. Zone de l'étude

L'étude a été menée à Koumbia ; localité située dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso. C'est l'un des sites d'intervention du projet ABACO. Dans le cadre d'une recherche action en partenariat menée dans ce village lors de projets antérieurs (Teria, Corus, Fertipartenaires), les systèmes de production ont été caractérisés et des outils de simulation expérimentés. Depuis 2005 des travaux de recherche y sont menés en collaboration avec un comité de concertation villageois (CCV) qui est un cadre de concertation sur les problèmes agropastoraux. Il se compose de représentants de groupements de producteurs de coton et d'éleveurs, d'agents techniques des services de l'état.

2.1.1. Situation géographique

Koumbia est une commune rurale de la province de Tuy. Ses coordonnés géographiques sont : 4°24'01'' de longitude, 12°42'20''de latitude Nord et une altitude 290 m (Blanchard, 2005). Elle est située sur la route nationale n° 1, à 34 km au sud-ouest de Houndé (chef-lieu de la province) et à 67 km à l'est de Bobo-Dioulasso. Avec une superficie estimée à 9700 ha, le terroir de Koumbia (figure 1) est limité par ceux de Sébédougou à l'Est, de Dankari au Nord-Est, de Kongolikan à l'Ouest, de Soa et de Gombélédougou au Sud. La forêt classée de la Mou matérialise la limite du territoire au Sud.

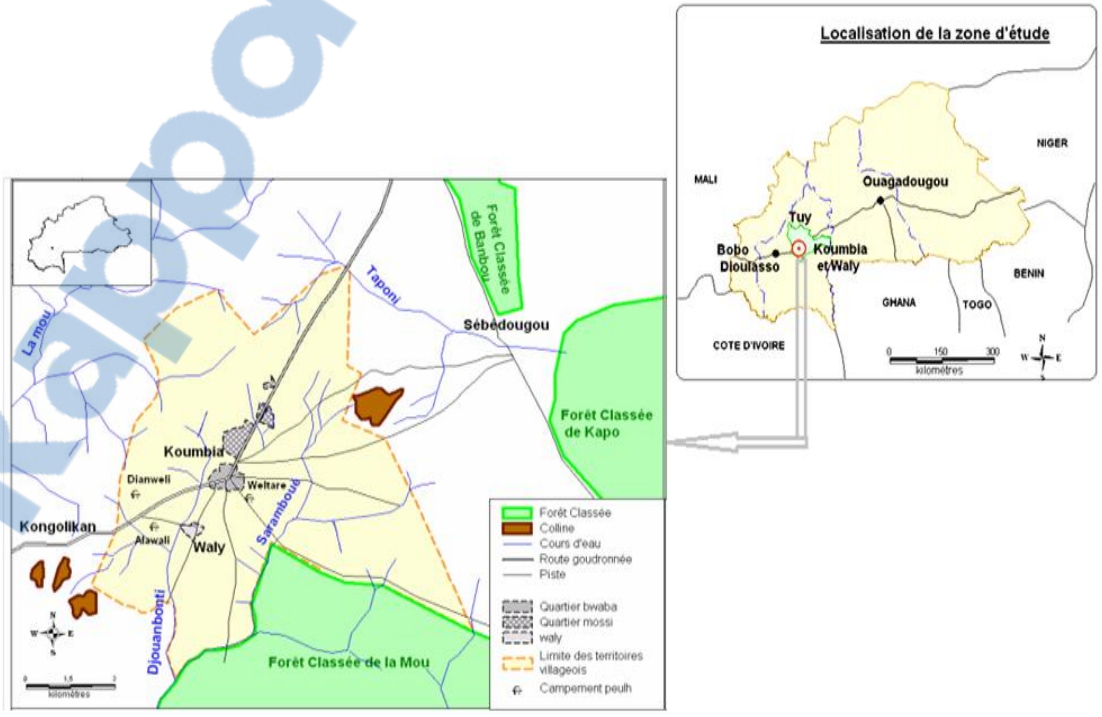


Figure 1: Carte simplifiée de Koumbia et de Waly (Blanchard, 2005)

Rapport-Gratuit.com

2.1.2. Climat

La commune de Koumbia est située dans la zone sud-soudanienne et est caractérisée par la succession de deux saisons : une saison sèche allant de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre. La quantité d'eau qui y tombe annuellement varie entre 800 et 1100 mm. Les données pluviométriques de ces cinq dernières années sont présentées par la figure 2.

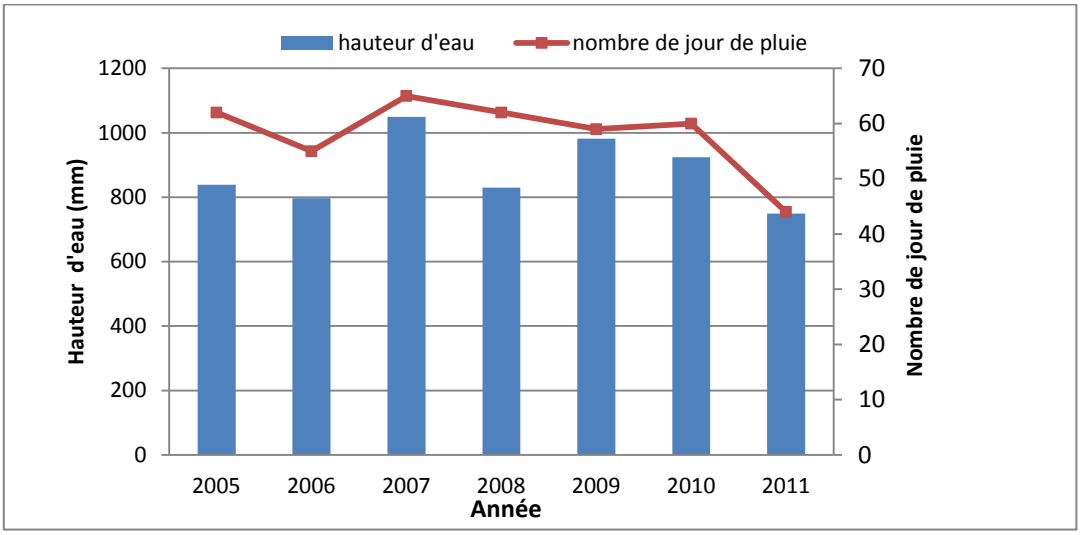


Figure 2 : Evolution des hauteurs d'eau et du nombre de jours de pluie de 2005 à 2011 dans la commune de Koumbia (UDPC, 2011).

2.1.3. Relief, sol, végétation et hydrographie

Koumbia est situé sur une plaine à 290 m d'altitude et est cerné de collines à l'ouest sur le territoire de Kongolikan et à l'est sur le territoire de Sébédougou (Blanchard, 2005).

Les sols rencontrés sont de types ferrugineux tropicaux lessivés riches en dioxyde de fer (DREP-Ouest, 2001).

La végétation de Koumbia se compose de savanes arbustives et arborées à la périphérie du territoire ou le long des cours d'eau. Le centre du territoire villageois est occupé par l'espace agricole avec des champs mis en culture et des jachères. La forêt classée de la Mou présente par endroits des forêts denses à *Cola cordifolia* (Cav) R.Br. et *Terminalia laxiflora* Engl. et des forêts claires à *Gardenia erubescens* Stapf & Hutch. *et Daniella oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz. (Blanchard, 2005).

Le réseau hydrographique se compose de plusieurs cours d'eau temporaires. Ce sont principalement le Sarambouré qui marque la frontière entre le village et la forêt classée de la Mou et Djouanhonti qui draine la partie nord du village (Blanchard, 2005).

2.1.4. Population et activités

Avec un effectif estimé à 9297 habitants (INSD, 2007), la population de Koumbia se compose essentiellement de Bwaba (autochtones), de Mossi et de Peul (Blanchard, 2005). L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités économiques. L'emprise agricole est estimée à 35% du territoire villageois (Corus, 2007). On y cultive principalement le coton, le maïs, et le sorgho et secondairement le mil, le riz pluvial et le niébé. L'élevage est de type extensif avec pour principales espèces les bovins, les ovins, les caprins et la volaille. La densité du bétail est de 45 UBT/km^2 (Corus, 2007). Trois grands types d'exploitations y ont été caractérisés par Blanchard (2005) : (1) Les éleveurs, ce sont les producteurs possédant d'importants troupeaux et cultivant de faibles superficies, (2) les agro-éleveurs, ils sont caractérisés par un nombre important de bœufs d'élevage et cultivent des superficies importantes, (3) Les agriculteurs, ce sont des producteurs ayant comme activité principale la production végétale et possédant peu ou pas de bovins d'élevage.

2.2. Méthodologie

Notre étude a été structurée en trois axes complémentaires :

- le premier axe a consisté à analyser les pratiques de production et de gestion de la biomasse agricole existantes, auprès d'un échantillon de producteurs pour identifier si les pratiques actuelles divergeaient ou non avec celles promues par l'AC. Une typologie d'exploitations de la zone a alors été réalisée en relation avec la convergence de leurs pratiques par rapport l'AC ;

- le deuxième axe a consisté à adapter un modèle informatique existant pour disposer d'un outil de simulation des effets de la mise en œuvre de systèmes d'AC ;

- enfin le troisième axe a consisté à analyser l'effet d'un scénario d'intégration de systèmes d'AC pour les différents types d'exploitations identifiées.

2.2.1. Réalisation de la typologie des exploitations

2.2.1.1. Choix de l'échantillon

Pour le choix de l'échantillon, nous ne nous sommes pas attachés à une représentation exhaustive ou statistiquement représentative des exploitations existantes. L'objectif était d'analyser les pratiques de fonctionnement technique d'un groupe hétérogène de producteurs. L'échantillon a donc été choisi en concertation avec le CCV sur la base du volontariat de manière qu'il tienne compte des principaux types d'exploitations (agriculteurs, agro-éleveurs

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

et éleveurs) établis par Blanchard (2005). L'hypothèse étant que ces critères ont un impact sur les modes de production et de gestion de la biomasse. Au total, 30 producteurs ont été retenus (12 agro-éleveurs, 15 agriculteurs et 3 éleveurs).

2.2.1.2. Enquêtes de fonctionnement des exploitations

Les enquêtes se sont déroulées en deux temps (en septembre 2011 et mars 2012) par des entretiens individuels de 2 h à 3 h avec les chefs d'exploitations à l'aide d'un questionnaire (annexe 1) afin de caractériser le fonctionnement des systèmes d'exploitation.

En septembre, des informations sur les éléments de structure (surfaces des terres, taille de la famille, nombre d'actifs, de bœufs de trait, le matériel d'attelage, etc.) et de fonctionnement des exploitations (assolements, succession des cultures, itinéraires techniques, modes de gestion de la fertilité, modes de gestion des troupeaux) pour la période d'hivernage ont été recueillies. Une importance a été accordée à la durée des temps de travaux des différentes opérations sur le système de culture. Les informations concernant le prix, les modalités d'utilisation des intrants agricoles et des produits vétérinaires ont été complétées avec des interviews semi-structurées auprès des personnes ressources (agents techniques d'élevage et d'agriculture). En mars, les informations sur les rendements des cultures, la gestion des résidus de cultures, et la gestion du système d'élevage en saison sèche ont été collectées.

2.2.1.3. Analyse des données et élaboration de la typologie

Il existe plusieurs méthodes de réalisation de typologies. Elles vont des méthodes " manuelles" (Landais, 1998) aux méthodes d'analyse multidimensionnelles, complétées généralement par la classification ascendante hiérarchique. Notre typologie a été réalisée à partir d'analyses multidimensionnelles (analyse des correspondances multiples, suivi d'une classification ascendante hiérarchique) à l'aide du logiciel XLSTAT.

A partir de l'analyse des informations recueillies auprès des producteurs, nous avons extrait les variables susceptibles de discriminer les exploitations en référence à la convergence ou la divergence de leurs pratiques avec l'agriculture de conservation. Onze (11) variables de fonctionnement caractérisant les objectifs, les choix stratégiques et le fonctionnement technique et huit (08) variables caractérisant la structure de l'exploitation ont été retenues. Pour chaque variable, il a identifié à travers les données d'enquête les modalités qui apparaissent au sein de l'échantillon (3 à 6 modalités ont été retenues pour chaque variable). Les données ont été saisies sous Excel 2007. Les observations des modalités des différentes variables ont été utilisées pour l'analyse des correspondances multiples (ACM).

Les variables de fonctionnement ont servi de variables actives. Le tableau I présente les variables de fonctionnement qui ont été utilisées pour l'analyse multidimensionnelle

Tableau I : Variables de fonctionnement (variables actives)

Variables	Modalités	Codes
Principaux objectifs de l'exploitation	Gain monétaire par le coton, puis satisfaction des besoins alimentaires	revcot&alcer
	Satisfaction des besoins alimentaires, puis gain monétaire par la culture du coton	alcer&revcot
	Accroitre le cheptel de bovins, puis satisfaction des besoins alimentaires	augbov&alcer
	Satisfaction des besoins alimentaires uniquement	alcer
Stratégies (orientations) de l'exploitation	Orientation coton	Orcot
	Orientation céréales	Orcer
	Orientation élevage	Orelev
Rotations principales	Coton//céréales et coton//coton//céréales	C//Cer&C//C//Cer
	Coton//céréales et céréales//céréales//coton	C//Cer&Cer//Cer//C
	Céréales//céréales et céréales//légumineuses	Cer//Cer&Cer//leg
	Céréales//céréales	Cer//Cer
Principales opérations de préparation du sol	Billonnage et scarifiage	B+Scar
	Billonnage systématiquement	Bsyst
	Semis direct et billonnage	SD+B
	Semis direct	SDsyst
Types d'association de cultures pratiquées	Pas d'association de cultures	P.A
	Sorgho + niébé occasionnellement	Sor+Nocc
	Sorgho + niébé systématiquement	Sor+Nsyst
	Mil + niébé systématiquement	mil+Nsyst
Mode de gestion des résidus de céréales	Stockage et vaine pâture	stoc&vp
	Stockage, remplissage de fosses et vaine pâture	stoc&rf&vp
	Vaine pâture uniquement	vp

Variables	Modalités	Codes
Mode de gestion des tiges de coton	Remplissage de fosses, enfouissement par billonnage et brûlis des tiges robustes	rf&enf&Br
	Enfouissement par billonnage et brûlis des tiges robustes	enf&Br
	Remplissage de fosses et brûlis du reste	rf&Br
	Brûlis systématique	BRsyst
	Néant (pas de culture de coton)	GesCot0
Dose de fertilisation minérale (NPK + urée) sur maïs en kg/ha	Pas de fertilisation minérale	pasFert.M
	≤ 150 kg	≤150M
	150-200 kg	150-200M
	200 kg systématiquement	200M
	200-250 kg	200-250M
	Néant (pas de culture maïs)	néantfert.M
Dose de fertilisation minérale (NPK + urée) sur coton en kg/ha	≤ 150 kg	≤150C
	150-200 kg	150-200C
	200 kg systématiquement	200C
	200-250 kg	200-250C
	Néant (pas de culture de coton)	néantfert.C
Stratégies d'apport de FO	Pas d'apport de FO	pasFO
	Apport chaque année sur parcelles de maïs (environ 4 t/ha)	$FO.M_{4/ha}$
	Apport sur parcelle de maïs (environ 0,4 t au plus sur 0,25 ha)	$FO.M_{0,4/0,25ha}$
	Apport chaque année sur parcelle de maïs et de coton (environ 4 t /ha/ spéculation)	$FO.M\&C_{4/ha/sp}$
	Apport localisé sur des endroits moins fertiles de coton et de maïs (0,8-1,5 t/ha)	$FO\text{-}M\&C_{4\text{-}8/ha}$
	Parcage de bovins sur parcelle de maïs	parc.Cer
Savoirs et expériences en faveur de l'AC	Travail minimum du sol + culture du mucuna	wmin+muc
	Travail minimum du sol + semis direct	wmin+wSD
	Travail minimum du sol + semis sous couverture végétale (SCV) + culture de mucuna	wmin+ scv+muc
	Travail minimum du sol	wmin
	Semis direct	wSD
	Néant	0exp

Les variables de structure ont été utilisées comme variable supplémentaires. Le tableau II présente les variables de structure qui ont été retenues pour l'analyse.

Tableau II : Variables de structure (variables supplémentaires)

Variables	Modalité	Code
Ethnie de l'exploitant	mossi	mssi
	bwaba	Bwa
	peul	peul
Age de l'exploitant	20 à 35 ans	Ag20-35
	36 à 50 ans	Ag36-50
	51 à 65 ans	Ag51-65
	66 à 75 ans	Ag66-75
Taille de la famille	Moins de 8 personnes	Nbp<8
	8 à 16 personnes	Nbp8-16
	17 à 24 personnes	Nbp17-24
	25 à 32 personnes	Nbp25-32
Nombre d'actifs	2 à 6 personnes	Nba2-6
	7 à 10 personnes	Nba7-10
	11 à 14 personnes	Nba11-14
	15 à 18 personnes	Nba15-18
Superficie cultivée	1 ha ≤ superficie cultivée ≤ 5 ha	sup[1 5]
	5 ha < superficie cultivée ≤ 10 ha	Sup]5 10]
	10 ha < superficie cultivée ≤ 15 ha	sup]10 15]
	15 ha < superficie cultivée ≤ 20 ha	Sup]15 20]
Nombre de bœufs de trait (BdT)	Pas de bœufs de trait	0BdT
	2 bœufs de trait	2BdT
	3 bœufs de trait	3BdT
	4 bœufs de trait	4BdT
	5 bœufs de trait	5BdT
Ratio surface totale cultivée par bœuf de trait (STCb)	1 ha ≤ STCb ≤ 2 ha	STCb[1 2]
	2 ha < STCb ≤ 4 ha	STCb]2 4]
	4 ha < STCb ≤ 6 ha	STCb]4 6]
	6 ha < STCb ≤ 8ha	STCb]6 8]
Ratio surface totale cultivée par actif (STCa)	Néant (pas de bœufs de trait)	STCb0
	STCa < 0,5 ha	STCa<0,5
	0,5 ha ≤ STCa ≤ 1 ha	STCa[0,5 1]
	1ha < STCa ≤ 1,5 ha	STCa]1 1,5]
	1,5 ha < STCa ≤ 2 ha	STCa]1,5 2]

Les coordonnées des individus issus de l'ACM ont ensuite servi à effectuer une classification ascendante hiérarchique (CAH) pour l'obtention des types (classes) d'exploitations. La distance euclidienne a été utilisée comme indice de dissimilarité et la méthode de Ward comme indice d'agrégation.

2.2.2. Adaptation d'un modèle : le modèle Cikeda

2.2.2.1. Présentation du modèle à adapter.

Pour cette étude, c'est le modèle Cikeda qui a été choisi pour être adapté. C'est un outil développé en 2008 sur la base de l'analyse du fonctionnement et des principales orientations stratégiques des exploitations de Koumbia (Schaller, 2008 ; Andrieu et *al.*, 2010 ; Sempore, 2010). Il permet de simuler le fonctionnement technico-économique d'une exploitation à l'échelle d'une année ; l'objectif étant d'aider les producteurs à mener une réflexion sur les conséquences technico-économiques de leurs choix stratégiques. Dans ce modèle, le fonctionnement de l'exploitation est évalué en prenant en compte 4 critères pertinents dans le contexte du Burkina Faso (Andrieu, 2008). Ce sont entre autres :

- la capacité de l'exploitation à assurer la sécurité alimentaire (le bilan céréalier) ;

- la capacité de l'exploitation à générer des revenus monétaires pour faire face aux besoins socio-économiques et éventuellement constituer un capital (solde économique) ;

- la capacité à maintenir la fertilité des sols à moyen terme (bilan minéral) ;

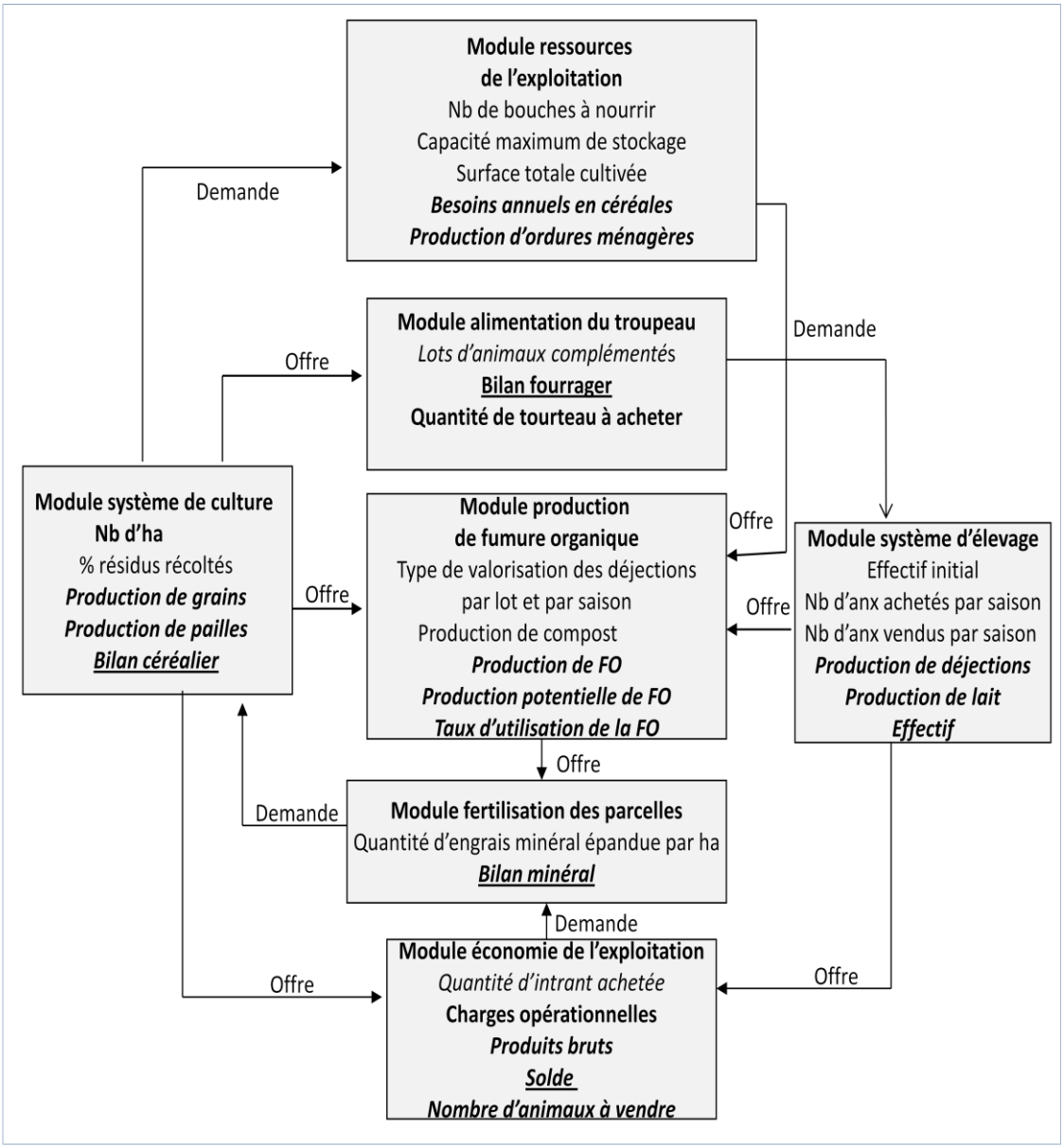
- la capacité de l'exploitation à couvrir les besoins fourragers du troupeau durant la période de soudure de fin de saison sèche (mars à avril) en fonction des objectifs de performances zootechniques fixés par le producteur (bilan fourrager).

La capacité de l'exploitation à faire face aux variations climatiques est prise en compte en évaluant les différents bilans sur trois (03) scénarios climatiques (année de pluviométrie favorable, moyenne, et défavorable). Une année de pluviométrie favorable est définie comme une année d'installation normale des pluies avec une pluviométrie normale entre le $50^{ème}$ et $70^{ème}$ jour de la culture du coton et du maïs. L'année de pluviométrie moyenne se caractérise par une installation tardive des pluies avec une pluviométrie normale entre le $50^{ème}$ et $70^{ème}$ jour de la culture du coton et du maïs. L'année de pluviométrie défavorable est considérée comme une année d'installation tardive des pluies avec une pluviométrie excessive entre le $50^{ème}$ et $70^{ème}$ jour de la culture du coton et du maïs (Schaller, 2008 ; Vall et *al.*, 2008).

Dans ce modèle, les processus biophysiques sont représentés par des paramètres et équations simplifiés issus de la littérature ou évalués à dire d'experts ; pour faciliter la compréhension des processus simulés par les acteurs de terrain. L'analyse se focalise alors sur les déséquilibres à l'échelle de l'exploitation entre l'offre et la demande en ressources (déséquilibre entre la demande et la production de fourrage, entre la demande et la production de céréales, entre la demande et les apports d'éléments fertilisants).

Les variables décisionnelles identifiées ne sont pas simulées. Cependant, le modèle les prend en compte puisque les décisions de l'exploitant constituent des entrées à partir desquelles sont calculés les différents bilans (assolement, achat ou vente des animaux, proportion d'engrais épandue, proportion des résidus récoltés).

Ce simulateur présente 7 modules résumés dans la figure 3. Il s'agit du module ressources, système de culture, système d'élevage, ration, production de fumure organique (FO), fertilisation, économie de l'exploitation.



Nb : nombre ; ha : hectare ; FO : fumure organique ; anx : animaux ; % : pourcentage ; en souligné les principaux bilans calculés par le modèle

Figure 3 : Modèle conceptuel de Cikeda (Andrieu et *al.*, 2010)

Chaque module comporte des variables d'entrée à renseigner par l'utilisateur, des paramètres des équations et des variables de sortie. Le modèle fonctionne à un pas de temps saisonnier, l'année étant divisée en trois saisons ou périodes :

- la saison des pluies ou hivernage (1er mai au 31 octobre), période de production de la biomasse végétale pendant laquelle les besoins fourragers sont considérés comme globalement couverts par les fourrages hors exploitation (pâturage) ;

- la saison sèche froide (1er novembre au 28 février), période de vaine pâture, le fourrage étant considéré comme non limitant ;

- la saison sèche chaude (1er mars au 30 avril) où les pâturages sont considérés comme quasiment épuisés. La ration des animaux est donc constituée des stocks de résidus de cultures, de fourrages constitués lors des deux saisons précédentes et d'aliments concentrés achetés à l'extérieur.

Comme tout modèle ce simulateur présente certaines simplifications correspondant à des choix de modélisation de l'étude antérieure.

Pour le module système d'élevage, on considère les lots de ruminants (bovins et petits ruminants), l'élevage de porcs et de volailles est négligé à cause de la faible part déclarée par les producteurs de ces élevages dans la contribution du revenu.

Concernant le module système de cultures, le choix avait été fait de ne pas considérer la totalité des systèmes de culture présents dans le village, mais les quatre principaux (coton, maïs, sorgho, niébé). Les cultures fourragères ont été représentées par le niébé fourrager compte tenu de la disponibilité des données pour cette culture.

Pour le module ration, les apports des parcours ne sont pas considérés dans le calcul du bilan fourrager afin d'analyser la couverture des besoins permise par les stocks fourragers produits sur l'exploitation. De plus, la possibilité de stocker du foin de brousse ou de fourrage provenant d'autres exploitations n'est pas prise en compte.

En ce qui concerne le module production de FO, les modalités de production considérées sont la production de FO dans les fosses fumières (déjections, restes des résidus de cultures de et ordures ménagères) et les déjections provenant des parcs.

En module fertilisation, le modèle impose que la fertilisation soit uniforme sur une même sole.

Pour le module économie, le modèle réalise un bilan économique simple de l'exploitation (produit brut moins charges opérationnelles).

2.2.2.2. Démarche d'adaptation du modèle

Les adaptations du modèle ont été guidées par deux principes :

- pouvoir rendre compte des effets de quelques systèmes d'agriculture de conservation jugés pertinents pour la zone d'étude sur des facteurs biophysiques facilement compréhensibles par les producteurs (effet de l'introduction de légumineuse sur la fertilité des sols) ; mais aussi leurs effets socio-économiques (effet de l'AC sur les temps de travaux) ;

Rapport-Gratuit.com

- pouvoir représenter les cultures jouant un rôle majeur dans le fonctionnement des différents types de producteurs identifiés à l'issue de la typologie, mais non pris en compte dans la version antérieure du modèle.

Ainsi, à partir des données d'enquêtes obtenues auprès des producteurs concernant leurs stratégies et le fonctionnement technique de leurs exploitations, nous avons identifié les adaptations à réaliser sur le modèle. Nous avons ensuite formalisé le modèle conceptuel et écrit les équations relatives aux différentes modifications apportées. Le modèle adapté a été implémenté sous Excel 2007 et les valeurs des paramètres ont été recherchées pour calibrer cette nouvelle version du modèle. Ces valeurs proviennent de nos enquêtes (temps de travaux des opérations de culture, rendements de certaines cultures), de bases de données (temps de travaux de production de fumure organique, rendements de cultures associées) de projets antérieurs et de la bibliographie (teneurs en matière azotée digestible ou en unité fourragère des cultures ajoutées).

2.2.2.3. Validation du modèle

Pour la validation du modèle, nous avons choisi de réaliser une validation à dire d'experts, c'est-à-dire demander aux acteurs de terrain si les choix de modélisation et les sorties obtenues sont cohérents avec leurs connaissances de la réalité. Pour cela, nous avons effectué une session de groupe à laquelle ont été conviés des producteurs qui lors de nos enquêtes ont montré le plus de facilité à expliciter le fonctionnement et les résultats de leurs exploitations. Cinq (05) producteurs ont été identifiés : 02 producteurs issus du type 1 de notre typologie et 01 de chacun des autres types.

Cette validation s'est déroulée en 2 étapes :

- validation de la structure du modèle ;

- validation des sorties du modèle.

Pour la validation de la structure du modèle, nous avons présenté aux participants sous forme de diaporama, des schémas simplifiés du fonctionnement des différents modules du modèle en nous focalisant sur les modules ayant subi les modifications majeures. Ensuite, nous avons recueilli les réactions des participants concernant les articulations entre les différentes composantes de l'exploitation dans le modèle.

Pour la validation des sorties du modèle, nous avons utilisé un exemple d'exploitation de Koumbia. Après avoir décrit cette exploitation, nous avons recueilli à l'aide d'une fiche

individuelle les résultats de production auxquels les participants s'attendent pour une telle exploitation. Les sorties calculées par le modèle ont ensuite été présentées, et des discussions se sont ensuite engagées sur le fonctionnement et les sorties calculées par le modèle. A l'issue de ces discussions, les suggestions d'amélioration du modèle, proposées par les participants ont donné lieu à l'introduction de variables et à l'ajustement des paramètres. Les tableaux montrant les caractéristiques de l'exploitation, les sorties du modèle et les résultats indiqués par les producteurs sont mentionnés en annexe 2.

2.2.3. Elaboration du scénario d'AC et analyse des données de simulation.

Nous avons testé un scénario virtuel correspondant à une mise en œuvre de l'AC sur 50% de la superficie céréalière des exploitations. Le scénario a été testé sur des exploitations représentatives des types établis. Les performances technico-économiques de chaque type d'exploitation pour le scénario d'intégration de l'AC ont ensuite été comparées à celles du scénario initial (scénario témoin) via les principaux indicateurs calculés par le modèle.

Ces indicateurs sont :

- le bilan céréalier : correspond à la somme des productions céréalières (maïs, sorgho et mil) diminuée des besoins céréaliers de l'exploitation.

- le solde économique : correspond la somme des valeurs des productions (du système de culture et d'élevage de l'exploitation) diminuée des valeurs de l'autoconsommation familiale, des réserves familiales et des charges opérationnelles (du système de culture et d'élevage) ;

- bilan fourrager : représente l'offre fourragère (en unité fourragère et en matière azotée digestible) de l'exploitation diminuée des besoins fourragers (en unité fourragère et en matière azotée digestible) des animaux alimentés en saison sèche chaude avec le stock de fourrage effectué;

- les charges de travaux sur le système de culture pour chaque période : représentent les charges de travaux des différentes opérations sur le système de culture pour chaque période (hivernage, saison sèche froide et saison sèche chaude) ;

- les bilans minéraux (N, P et K) des parcelles : représentent les sommes des apports des fertilisants minéraux, organiques et des apports des légumineuses diminuées des exportations des cultures (exportations des grains et des pailles).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Typologie des exploitations

3.1.1.1. Interprétation des axes factoriels

Pour l'analyse factorielle, le plan (1,2) a été retenu. Le premier facteur explique 53, 04% de l'inertie et le deuxième facteur 17,73 % de l'inertie. Le croisement de ces deux axes donne un plan qui explique 70,77% de l'inertie (figure 4).

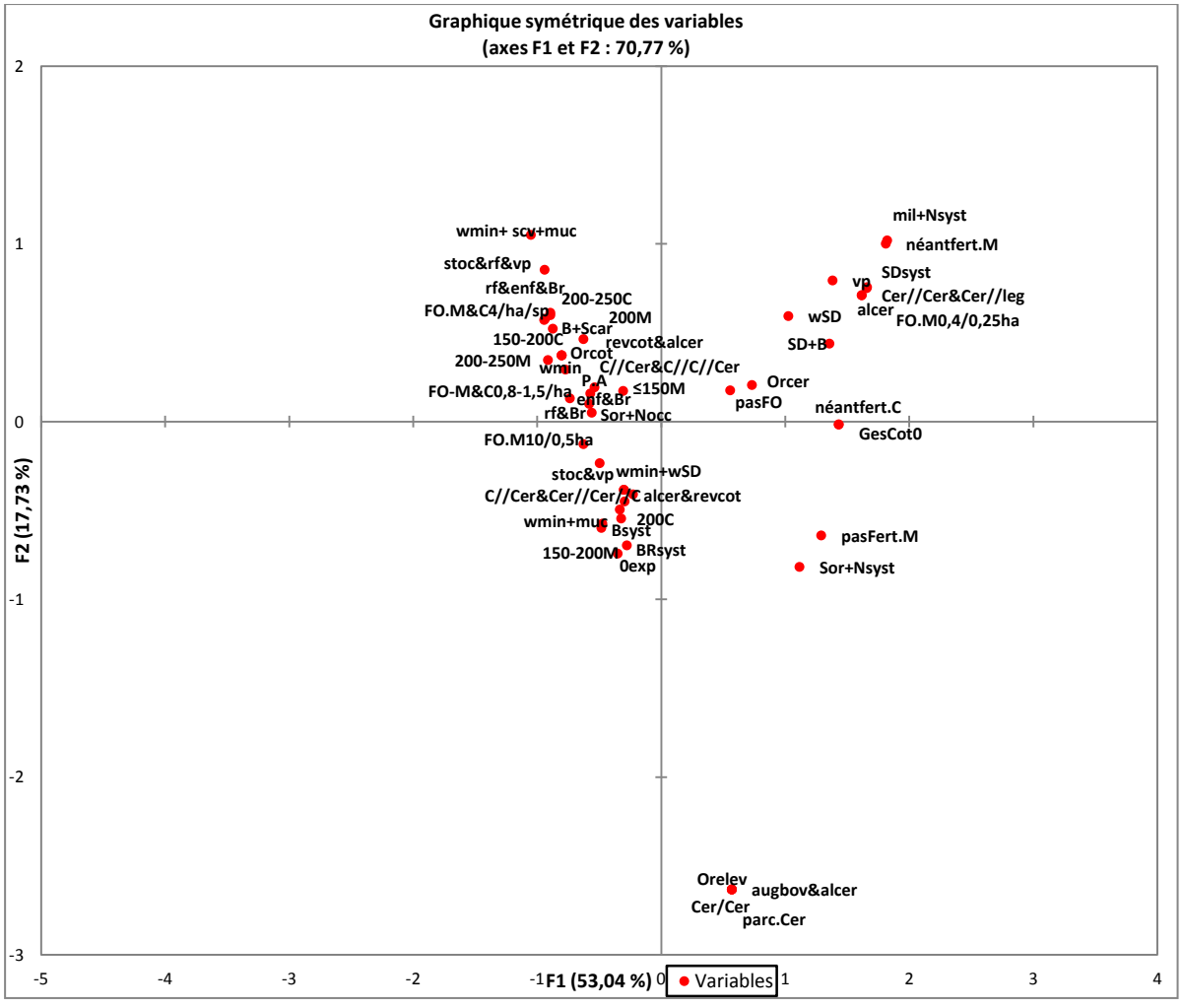


Figure 4 : Représentation des modalités des variables actives dans le plan factoriel (1,2)

L'axe 1 discrimine vers la droite les exploitations ayant pour objectif la satisfaction de leurs besoins alimentaires (alcer), cultivant pour ce fait des céréales (Orcer) souvent en rotation avec des légumineuses (Cer//Cer&Cer//leg), effectuant la mise en place des cultures par semis direct (SDsyst) et associant le plus souvent le sorgho et le mil au niébé (mil+Nsyst, Sor+Nsyst). Vers la gauche, ce sont les exploitations dont l'objectif est d'abord l'obtention

d'un revenu monétaire par le coton, puis la satisfaction des besoins alimentaires (Orcot) qui sont mises en évidence. Ces exploitations orientées vers la culture de coton ont des rotations coton//céréales et coton//coton//céréales (C//Cer&C//C//Cer), préparent le sol par billonnage et/ou scarifiage (B+Scar) et ne pratiquent pas d'associations de cultures (P.A).

L'axe 2 discrimine vers le bas les exploitations à stratégie d'élevage (Orelev, augbov&alcer, parc.Cer) et vers le haut les exploitations à stratégie agricole (alcer, Orcot, revcot&alcer, Cer//Cer&Cer//leg).

Bien que ne participant pas à la formation des axes, la représentation des variables supplémentaires (figure 5) permet d'affiner la caractérisation des types d'exploitations se dégageant sur le plan factoriel (1,2).

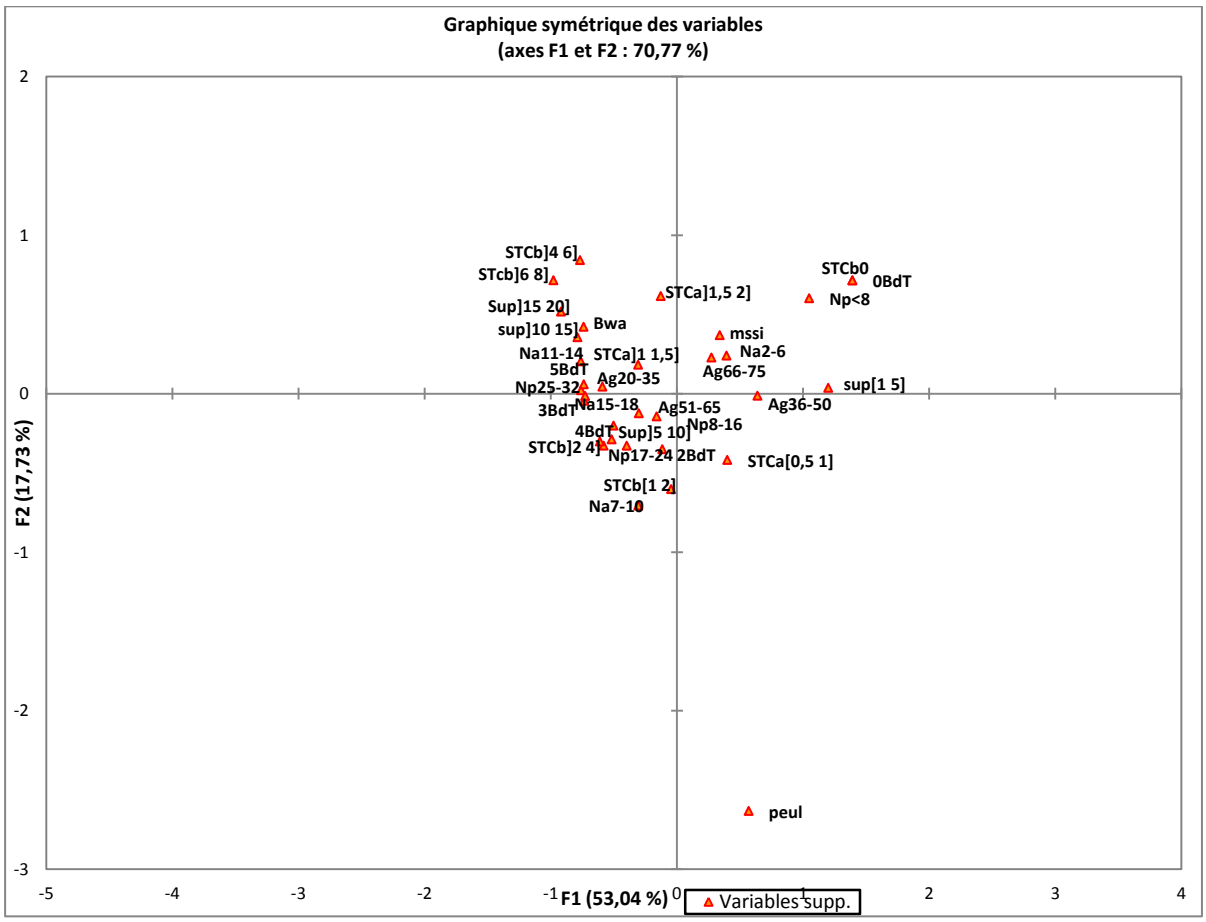


Figure 5 : Représentation des variables supplémentaires dans le plan factoriel (1,2)

Ainsi l'axe 1 oppose vers la droite les exploitants d'ethnie mossi (mssi), ayant des familles de petites tailles (Np<8), ne possédant pas de bœufs de trait (0BdT) et cultivant des superficies de 1 à 5 ha) (sup[1 5]) aux exploitants d'ethnie bwaba (Bwa), ayant de grandes familles (Np17-24), possédant un nombre relativement important de bœufs de trait (5BdT) et cultivant

de grandes superficies (sup]10 15]) ; situées vers la gauche. Par ailleurs, l'axe 2 distingue vers le bas les exploitants d'ethnie peul (peul), et vers le haut les exploitants d'ethnie bwaba et mossi (Bwa, mssi)

3.1.1.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La réalisation de la classification nous a permis d'obtenir 4 classes ou types d'exploitations. Ces classes ont été obtenues en coupant le dendrogramme entre le niveau 3-4 (figure 6). En coupant l'arbre à ce saut important de l'indice, on peut espérer obtenir une partition de bonne qualité, car les individus regroupés en-dessous de la coupure sont proches, et ceux regroupés après la coupure sont éloignés.

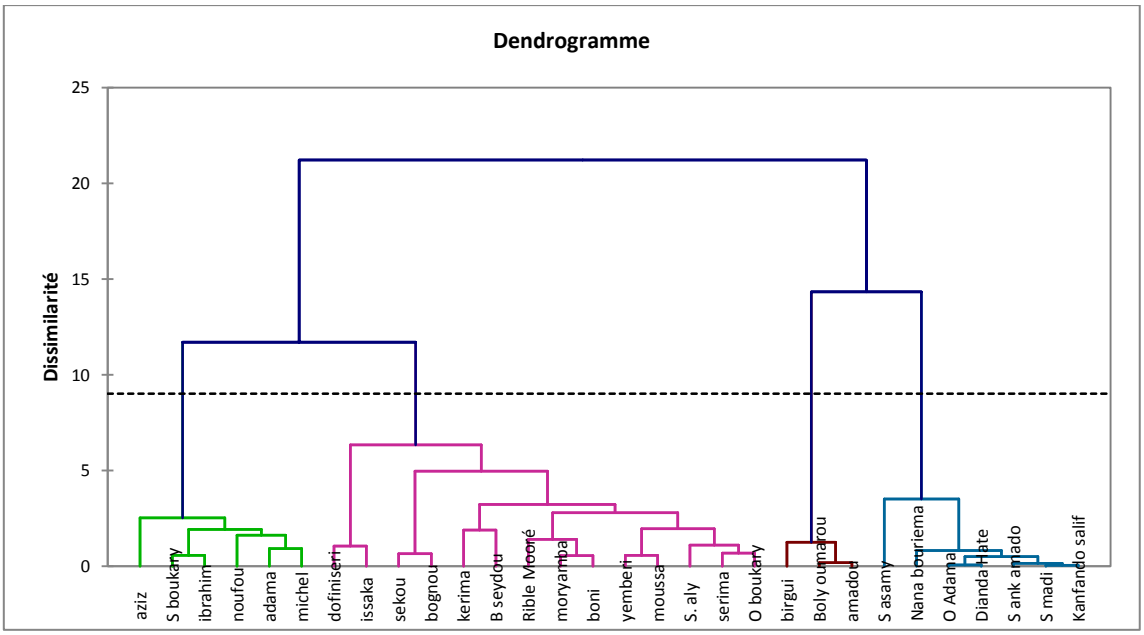


Figure 6 : Diagramme de la classification ascendante hiérarchique

3.1.1.3. Projection des classes sur le plan factoriel et description des types d'exploitations

Les 4 types d'exploitations résultant de la CAH sont représentés sur la figure 7. A proximité de chaque type sont représentées les principales modalités qui le caractérisent.

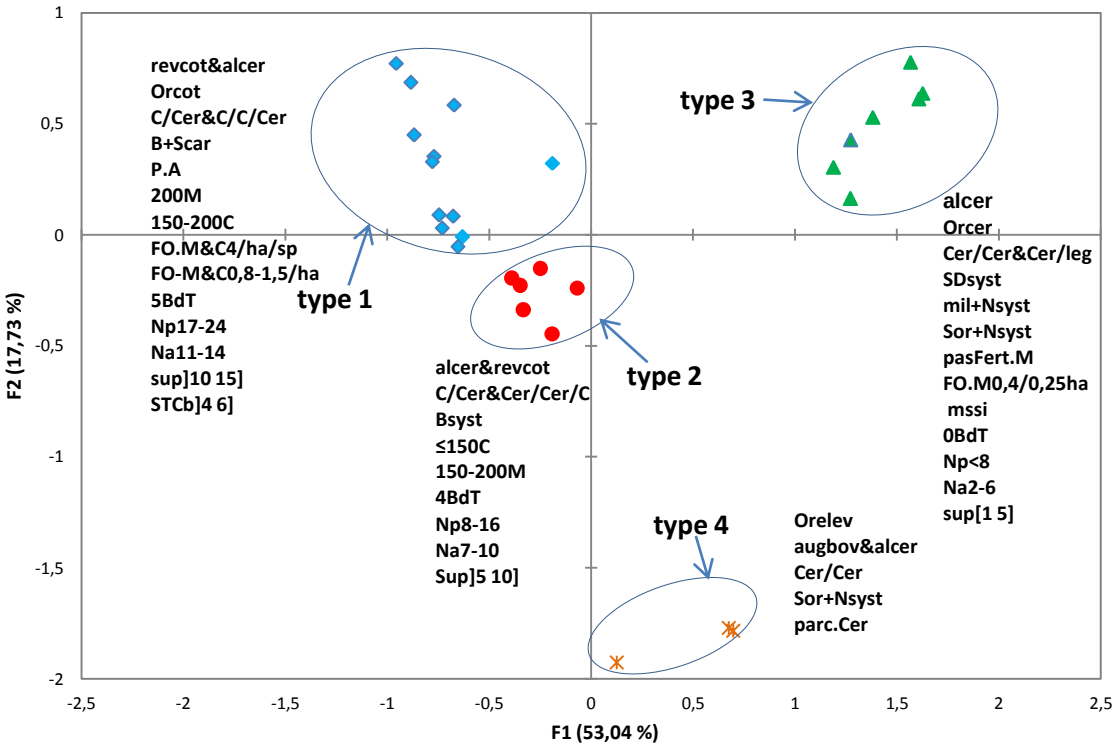


Figure 7 : Projection des types d'exploitation dans le plan factoriel (1,2)

3.1.1.3.1. Type 1 : Exploitations équipées à stratégie cotonnière

Ce type constitué de quatorze (14) producteurs (47% de l'échantillon) est représenté par les exploitations dont les principaux objectifs sont premièrement le gain de revenu par la culture de coton et secondairement assurer les besoins alimentaires par la culture de céréales. Ainsi ils ont une stratégie orientée prioritairement vers la culture du coton, suivi des cultures céréalières (principalement le maïs, puis le sorgho). La sole de coton représente 42% à 60% de la superficie cultivée et celle de céréales 23% à 50%. La rotation biennale coton - céréales (C//Cer) est la plus observée ; ensuite vient une rotation coton - coton - céréales (C//C//Cer). Outre le billonnage qui représente la principale opération de préparation du sol, on rencontre dans ce groupe, des producteurs (5/14) qui pratiquent le travail minimum du sol. Il s'agit du scarifiage du sol avec la dent IR12 ou avec la houe manga sur 6% à 100% de leur superficie. Dans ces exploitations, le maïs est fertilisé avec 200 kg d'engrais minéraux et le coton avec 150 à 200 kg (100 à 150 kg d'NPK de formule 14-23-14 et 50 kg d'urée à 46% d'azote). La fumure organique est appliquée sur ces mêmes cultures avec une dose d'environ 4 t/ha ; ou de

manière localisée avec 0,8 t a 1,5 t/ha. Neuf des quatorze producteurs composant ce type ont au moins bénéficié d'une expérience en travail minimum du sol (travail du sol en sec avec la dent IR12) et en culture du mucuna avec des projets antérieurs (Teria en 2007 et/ou Fertipartenaires en 2008, 2009 et 2010). Dans ce groupe, les producteurs ne pratiquent pas d'associations de cultures. Cependant, ils ont occasionnellement recours au semis direct sur des parcelles de coton ou de sorgho, sur des superficies allant de 0,5 ha à 1 ha (6% à 12% de leur superficie cultivée).

Ce groupe comprend des producteurs mossi et bwaba ayant des familles constituées en moyenne de 17 ± 8 personnes. Ils possèdent des superficies de 10,87 ± 4,02 ha, 4 ± 2 bœufs de trait (BdT) et un nombre variable de bovins d'élevage (7 ± 10 bovins).

3.1.1.3.2. Type 2 : Exploitations équipées à stratégie céréalière

Ce type totalise six (06) producteurs (20% de l'échantillon) et correspond à des exploitations dont l'objectif premier est d'assurer les besoins alimentaires de la famille ; ensuite vient le gain de revenu monétaire par la culture de coton. La stratégie est donc orientée prioritairement vers la culture de céréales avec 49% à 56% de la superficie cultivée (essentiellement du maïs, puis du sorgho). Le coton est cultivé sur 21% à 36% de la superficie cultivée dans ces exploitations. La rotation biennale coton-céréales (C//Cer) est la plus fréquente, suivi d'une rotation coton-céréales-céréales (C//Cer//Cer). Le billonnage est la seule opération de préparation du sol sur les parcelles dans ces exploitations. Chez ces producteurs, les doses de fertilisants minéraux apportées aux cultures sont, de manière générale, plus faibles que celles du type 1. Le maïs est fertilisé avec 150 à 200 kg (100 à 150 kg d'NPK de formule 14-23-14 et 50 kg d'urée à 46% d'azote) d'engrais minéraux à l'hectare et le coton avec une quantité inférieure ou égale 150 kg à l'hectare (≤ 100 kg d'NPK et 50 kg d'urée). La fumure organique est apportée principalement sur les parcelles de maïs avec une dose d'environ 4 t /ha. Ici aussi, on rencontre des producteurs ayant de l'expérience en travail minimum du sol avec l'IR12 ou le sarcleur (4/6). Les producteurs de ce type pratiquent souvent le semis direct sur des parcelles de sorgho et de mil de 0,5 ha à 1 ha (3% à 16% de leur superficie) et occasionnellement l'association de cultures (sorgho + niébé).

Les exploitations de ce type sont représentées par des producteurs mossi et bwaba, possédant des familles de 12 ± 6 personnes dont 7 ± 3 actifs. Ils disposent en moyenne de 7, 83 ± 2,64 ha de superficie cultivable. Le nombre de bœufs de trait en leur possession est en moyenne de 4 ± 2 BdT. Le nombre de bovins d'élevage en leur possession varie de 0 à 1.

3.1.1.3.3. Type 3 : Exploitations non équipées à stratégie céréalière

Sept (07) producteurs (23% de notre échantillon) forment ce type. Ils n'ont pour objectif que d'assurer les besoins alimentaires de leur famille. Ils ne cultivent pas de coton et sont orientés vers la culture de céréales (61% -100% de la superficie cultivés). Les céréales cultivées sont essentiellement le sorgho et le mil (75% à 100% de la sole céréalière). On observe principalement chez ces producteurs une culture continue de céréales et secondairement une rotation biennale céréales-légumineuses (arachide, niébé). Au sein de ces exploitations, le semis direct est pratiqué chaque année sur 30% à 100% des superficies cultivées et le niébé est associé au sorgho ou au mil. En dehors des faibles quantités de fumures organiques souvent apportées (environ 0,4 t sur 0,25 ha), ces producteurs n'apportent pas de fertilisants minéraux aux cultures.

Ce groupe se compose uniquement de producteurs mossi. Les familles sont constituées de 6 ± 3 personnes avec 2 ± 1 actifs. Les superficies cultivées sont en moyenne de 2,39 ± 0,94 ha. Ces producteurs ne possèdent ni des bœufs de trait ni de bœufs d'élevage.

3.1.1.3.4. Type 4 : Exploitations équipées à stratégie d'élevage

Ce type est constitué de trois (03) exploitations (10% de l'échantillon). Ils se consacrent essentiellement à l'élevage de bovins et de petits ruminants. L'objectif principal de ces producteurs est d'accroître la taille de leur cheptel ; ensuite vient la satisfaction des besoins alimentaires de la famille. La production végétale est une activité secondaire au sein de ces exploitations et est orientée vers les cultures céréalières (35% à 100% de la superficie cultivée). Ces producteurs ne cultivent qu'exceptionnellement le coton. On y observe une culture continue de céréales, principalement le maïs (70% à 100% de la solde céréalière). La préparation du sol se fait entièrement par billonnage. Les cultures sont généralement fertilisées avec de la fumure organique provenant du parcage des bovins sur les parcelles de cultures en saison sèche. Deux (02) de ces producteurs ont bénéficié d'expérience en travail du sol en sec avec la dent IR12 et cultivent le mucuna sur 4% à 9% de leur superficie. L'association sorgho et niébé est aussi une pratique souvent observée chez les producteurs de ce type.

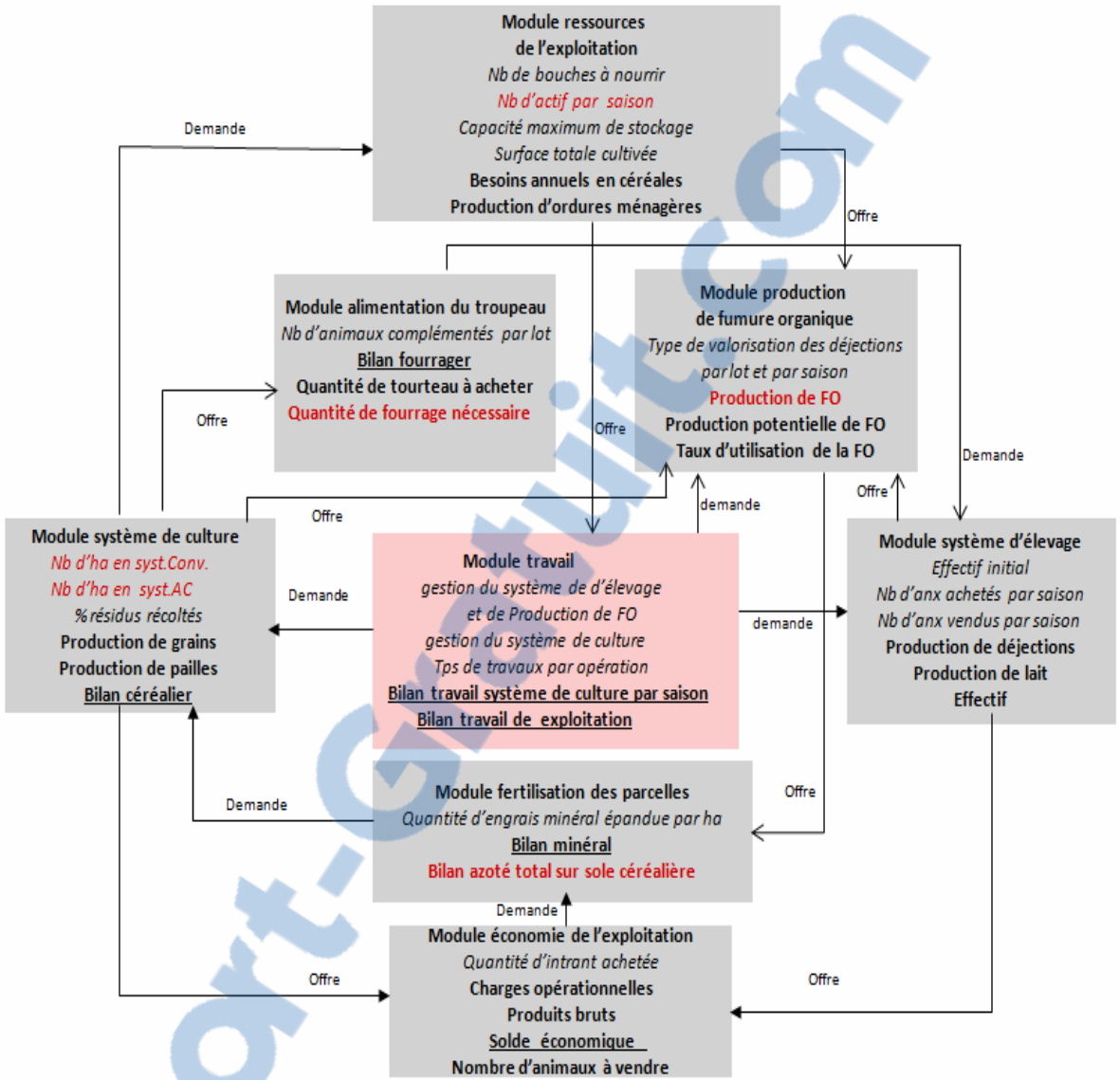
Les producteurs de ce type sont d'ethnie peul. Ils ont des familles de 14 ± 5 personnes avec 9 ± 6 actifs, possèdent 38 ± 18 bovins d'élevages et 3 ± 1BdT. Leurs superficies cultivées est de 5 ± 4,7 ha.

3.1.2. Adaptation du modèle

Les principales adaptations apportées au modèle Cikeda ont concerné l'ajout d'un nouveau module « module charge de travail » et l'introduction en module culture d'un sous module agriculture de conservation. Les autres modules ont fait l'objet d'adaptations par l'ajout de variables, d'équations et/ou de paramètres. Les principes de calcul, les paramètres et les équations sont présentés de manière exhaustive et détaillés en annexe 3.

Pour cette nouvelle version, le principe général de l'outil a été conservé : calcul de bilans entre l'offre et la demande de ressources, pas de simulation fine des processus biophysiques, mais plutôt des calculs simplifiés à partir de paramètres issus de la littérature ou estimés à dire de producteurs.

La figure 8 ci-dessous présente le modèle conceptuel du modèle adapté et résume les apports majeurs effectués.



Nb : nombre ; systConv : système de culture conventionnel ; SystAC : système d'agriculture de conservation ; anx : animaux. En italique : les variables d'entrées à renseigner par l'utilisateur ; en gras, les variables de sorties ; en souligné les principaux bilans calculés par le modèle

Figure 8 : Modèle conceptuel après adaptation (en rouge sont indiqués les principaux apports réalisés sur le modèle)

Les modifications apportées au modèle vont dans le sens d'une prise en compte : (1) de la diversité des cultures observées telle que la culture du mil, du riz de l'arachide, du mucuna, (2) des principes de l'AC tels que le maintien des résidus de culture pour la couverture du sol et la mise en œuvre de cultures associées.

3.1.2.1. Adaptations apportées aux modules existants

Le tableau III synthétise les principales variables d'entrée et de sortie ajoutées au modèle ainsi que leur justification

Rapport-Gratuit.com

Tableau III : Les principales variables d'entrée et de sortie ajoutées aux modules existants

Modules	Variables d'entrée	Variables de sortie	Justification de l'ajout
Ressource	Nombre d'actif présent sur l'exploitation à chaque période	-	Permettre de calculer le travail disponible sur l'exploitation à chaque période dans le module « charge de travail »
	La capacité maximale de stockage des fosses fumières	-	Limiter la quantité de compost pouvant être produite sur l'exploitation compte tenu des contraintes de main d'œuvre et d'équipement de l'exploitation
Système de culture	Le mil	-	Culture constituant la principale céréale chez certains producteurs du type 3
	Le riz	-	Culture constituant une part importante du stock en fourrage dans certaines exploitations
	L'arachide	-	Culture constituant une source de fourrage et de revenu monétaire
	Le mucuna	-	Culture fourragère observée dans le village
	Maïs, sorgho et mil associés au niébé	-	Prendre en compte des pratiques observées et la mise en œuvre de systèmes d'AC
	Taux de résidus laissés au champ		
	-	Quantité de chaque céréale consommée par la famille	Déterminer la quantité de chaque céréale à vendre en fonction du surplus de production

Modules	Variables d'entrée	Variables de sortie	Justification de l'ajout
Ration	Quantité de tourteau achetée par le producteur	-	Prendre en compte l'utilisation du tourteau dans la stratégie d'alimentation des animaux
	-	Quantité de fane de légumineuses et de paille de céréales pour couvrir les besoins des animaux	Susciter chez les producteurs des réflexions sur la façon d'améliorer les stratégies d'alimentation de leurs animaux sans avoir recours à l'achat de tourteau
Production de fumure organique	-	Quantité de compost produite	Tenir compte de la production fumure organique par les fosses compostières, variable omise dans la version antérieure du modèle
fertilisation	Dose maximale de fumure organique que le producteur applique sur ses parcelles	-	Mieux prendre en compte l'effet de la stratégie d'apport de la FO sur le bilan minéral des parcelles
économie	Quantité de chaque culture mise en réserve	-	Déterminer les quantités de chaque culture effectivement vendue

Un certain nombre de choix de modélisation ont été effectués dans notre démarche d'adaptation du modèle. Ainsi, les systèmes d'AC modélisés sont le maïs, le sorgho et le mil associé au niébé. Sur les superficies en AC, la modalité de préparation du sol considérée pour la mise en place des cultures est le scarifiage ou le semis direct. On fait l'hypothèse que sur ces parcelles, le producteur récolte les fanes de niébé comme fourrage et met en place un dispositif permettant de conserver la biomasse et que celle-ci n'est pas consommée par les animaux. Les parcelles étant recouvertes de pailles, on fait aussi l'hypothèse qu'il n'y a pas d'apport de FO sur ces parcelles. L'effet de la couverture au sol sur les rendements n'est pas en pris en compte. Cependant, son effet sur le bilan minéral des parcelles est pris en compte. En effet, on considère qu'il y a moins d'exportation d'éléments minéraux lorsque les résidus de culture sont maintenus pour la couverture du sol. Aussi, on tient compte des apports d'azote au sol par la légumineuse pour les parcelles de niébé, d'arachide et des cultures associées (maïs, sorgho et mil associé au niébé). L'effet de l'association impliquant généralement une baisse des rendements des cultures associées par rapport aux cultures pures est pris en compte à partir de données issues des travaux du projet Fertipartenaires (UE, 2008-2012).

3.1.2.2. Nouveau module « charge de travail »

Le module charge de travail (tableau IV) permet de calculer les charges de travaux liées au système de culture, au système d'élevage et de production de FO pour chaque période (hivernage, saison sèche chaude, saison sèche froide). Par ailleurs, ce module permet de déterminer le bilan travail sur le système de culture pour chaque période entre le travail disponible pour les activités de culture et le travail nécessaire sur le système de culture. Aussi, il détermine le bilan travail global de l'exploitation (différence entre le travail disponible sur l'exploitation toute l'année et la somme des travaux nécessaires pour les activités de cultures, les activités d'élevage et production de FO pour chaque période de l'année).

Les principales variables d'entrée et de sortie de ce module sont présentées dans le tableau IV.

Tableau IV : Les principales variables d'entrée et de sortie du module charge de travail

Module	Variables d'entrée	Variables de sortie	Justification
Travail	Distance moyenne des parcelles à la concession	-	Calculer les temps de travaux relatifs au transport des récoltes, du fourrage et de la FO des champs vers les concessions et vis versa
	Surface billonnée et/ou scarifiée	-	Calculer les temps de travaux consacrés au travail du sol
	Surface de coton transgénique (Bt)	-	Calculer les temps de travaux consacrés aux traitements insecticides
	Surface désherbée chimiquement avec des herbicides totaux et/ou avec herbicides sélectifs	-	Calculer les temps de travaux liés aux traitements herbicides
	Désherbage attelé ? (oui ou non)	-	Calculer les temps de travaux pour le désherbage
	Fosses fumières situées au champ? (oui ou non)	-	Calculer les temps de transport de la fumure
	Parc situé au champ ? (oui ou non)	-	
	Nombre de bergers à chaque période	-	Calculer les charges de travaux liées à la conduite des bovins
	-	Bilan travail sur le système de culture pour chaque période	Apprécier l'effet de la mise en œuvre de systèmes d'AC sur les charges de travaux de l'activité agricole par rapport aux pratiques conventionnelles
	-	Actifs nécessaires pour équilibrer le bilan travail sur système de culture pour chaque saison (si bilan travail négatif)	
	-	Charge de travail sur toute l'année	Apprécier l'effet de la mise en œuvre de systèmes d'AC sur les charges de travaux de l'exploitation sur l'année
	-	Bilan travail sur toute l'année	

Pour le calcul des charges de travaux relatives aux trois périodes considérées, les choix de modélisation présentés ci-dessous ont été réalisés.

Concernant le calcul des charges de travaux du système de culture en hivernage (mai à octobre), on considère que les charges de travaux du système de culture pour la période d'hivernage correspondent aux charges des travaux de nettoyage des parcelles, de préparation du sol, de semis, de traitement herbicide, de désherbage, de fertilisation et de traitement insecticide ; cela bien que certaines cultures telles que le niébé, l'arachide ou le maïs peuvent être récoltées pendant cette période.

En saison sèche froide (novembre à février), on considère que les charges de travaux résultent des opérations de récolte des cultures, de récolte de fanes de légumineuses, de ramassage de la paille et de transport des récoltes et du fourrage (paille et fane) des champs vers les concessions.

Les principales activités agricoles sur les exploitations en saison sèche chaude (mars à avril) sont le transport et l'épandage de la FO sur les parcelles. Ainsi on considère que les charges de travaux du système de culture en SSC sont constituées du transport et de l'épandage de la FO.

Pour les charges de travaux de la production de fumure organique, le constat est que la production de FO ne s'inscrit pas dans une période précise. Les opérations de production sont plus ou moins continuent sur l'année quel que soit la modalité de production (fumier, compost ou déjection de parc). Les charges de travaux relatives à la production de la FO de l'exploitation sont donc calculées pour toute l'année. Elles se composent des charges des travaux liées à la production de compost, de fumier et de déjection de parc.

Concernant les charges en travail relatives au système d'élevage, on émet l'hypothèse que les charges de travaux sont égales au nombre de jours de chaque période multiplié par le nombre de bergers affectés à la conduite des animaux.

3.1.3. Effets de l'intégration de systèmes d'AC sur les performances des exploitations.

Le scénario d'AC consiste à une association des céréales avec le niébé sur 50 % de la superficie initiale en céréales. Conformément aux pratiques d'association observées lors de nos enquêtes, l'association est faite en priorité avec le sorgho, puis avec le mil et enfin sur le maïs. Sur ces parcelles les fanes de niébé sont récoltées comme fourrage et les résidus de la culture principale conservés pour couvrir le sol. Dans l'exploitation représentative du type 1 de notre typologie, où les producteurs pratiquent déjà le scarifiage comme mode de

préparation de leurs parcelles, le mode de préparation du sol retenue sur les parcelles en AC est le scarifiage. Pour les exploitations représentatives du type 2, du type 3 et du type 4, par contre, les cultures en AC sont considérées comme mise en place par semis direct.

Le tableau V et le tableau VI illustrent respectivement les principales caractéristiques des exploitations pour le scenario initial et pour le scenario d'AC. Les caractéristiques de structure et de fonctionnement de chaque type d'exploitation relative à la situation initiale et au scénario de l'AC sont présentées de manière détaillées en annexe 4.

Tableau V : Principales caractéristiques des exploitations pour le scenario initial

Caractéristiques des exploitations		**Unités**	**Types d'exploitation**			
			1	**2**	**3**	**4**
Nombre de bouches à nourrir		-	18	12	5	14
Nombre d'actifs en hivernage		-	9	6	2	8
Nombre de charrues		-	2	1	0	1
Surface de coton		ha	8	2	0	0
Surface de maïs		ha	5	3	0	2,5
Surface de sorgho		ha	0,5	1	1	1
Surface de mil		ha	0	0,5	0,5	0
Surface de riz		ha	0,5	0	0	0
Surface de d'arachide		ha	0, 25	0,5	0 ,5	0
Surface de niébé		ha	0,25	0,5	0,5	0
Surface de cultures fourragères		ha	0	0	0	0,5
Nombre de bœufs de trait au début de l'hivernage		-	5	4	0	4
Nombre de bovins d'élevage au début de l'hivernage		-	8	0	0	50
Nombre de petits ruminants au début de l'hivernage		-	7	13	5	20
Nombre global de bovins d'élevage achetés		-	0	0	0	0
Nombre global de bovins d'élevage vendus		-	0	0	0	2
Nombre de bovins d'embouche achetés		-	0	0	0	5
Nombre de bovins d'embouche vendue		-	0	0	0	5
Nombre global de petits ruminants achetés		-	0	0	0	0
Nombre global de petits ruminants vendus		-	0	2	3	5
Nombre d'animaux de chaque lot recevant une complémentation en saison Sèche chaude	Bovins d'élevage	-	0	0	0	1
	Bœufs de trait	-	5	4	0	4
	Bœufs d'embouche	-	0	0	0	2
	Vaches laitières	-	0	0	0	4
	Petits ruminants	-	0	0	0	0

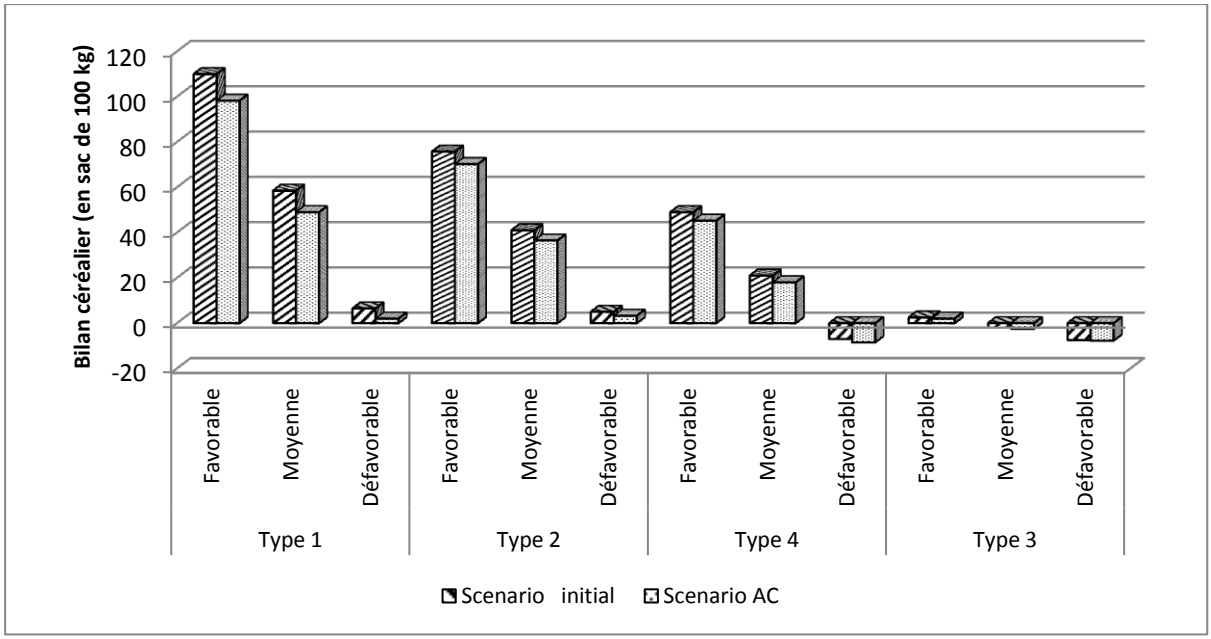
Pour le scenario d'AC, les changements concernent uniquement le système de culture. Aucune modification n'est apportée à la gestion du système d'élevage.

Tableau VI : Assolements des exploitations pour le scenario d'agriculture de conservation

Caractéristiques des exploitations		**Unités**	**Types d'exploitation**			
			1	**2**	**3**	**4**
Agriculture conventionnelle	Surface de coton	en ha	8	2	0	0
	Surface de maïs	en ha	2,75	2,25	0	1,75
	Surface de sorgho	en ha	0	0	0,75	0
	Surface de riz	en ha	0,5	0	0	0
	Surface d'arachide	en ha	0,25	0,5	0,5	0
	Surface de niébé	en ha	0,25	0,5	0,5	0
	Surface de culture fourragère	en ha	0	0	0	0,5
Agriculture de conservation	Surface de maïs en AC	en ha	2,25	0,75	0	0,75
	Surface de sorgho AC	en ha	0,5	1	0,5	1
	Surface de mil AC	en ha	0	0,5	0,25	0

3.1.3.1. Effet sur le bilan céréalier et le solde économique des exploitations.

Les données de simulation montrent (figure 9) que la mise en œuvre de l'AC occasionne une diminution du bilan céréalier des exploitations quel que soit le type d'année pluviométrique.



Favorable : année de pluviométrie favorable ; moyenne : année de pluviométrie moyenne ; défavorable : année de pluviométrie défavorable.

Figure 9 : Bilan céréalier de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des exploitations

Cette diminution se fait dans des proportions plus marquées pour l'exploitation de type 3 (diminution de 20% à 25% du bilan céréalier selon le type d'année pluviométrique). Pour les exploitations de type 1, 2 et 4, la diminution est de l'ordre de 8% à 16 % en année de pluviométrie moyenne et favorable. En revanche, en année de pluviométrie défavorable, elle est de 69%, 35%, et 21% respectivement pour les exploitations de type 1, 2 et 4.

Contrairement au bilan céréalier, le solde économique des exploitations (figure 10) connait une légère augmentation pour le scénario de mise en œuvre de l'AC par rapport à la situation initiale du fait d'une production supplémentaire de niébé.

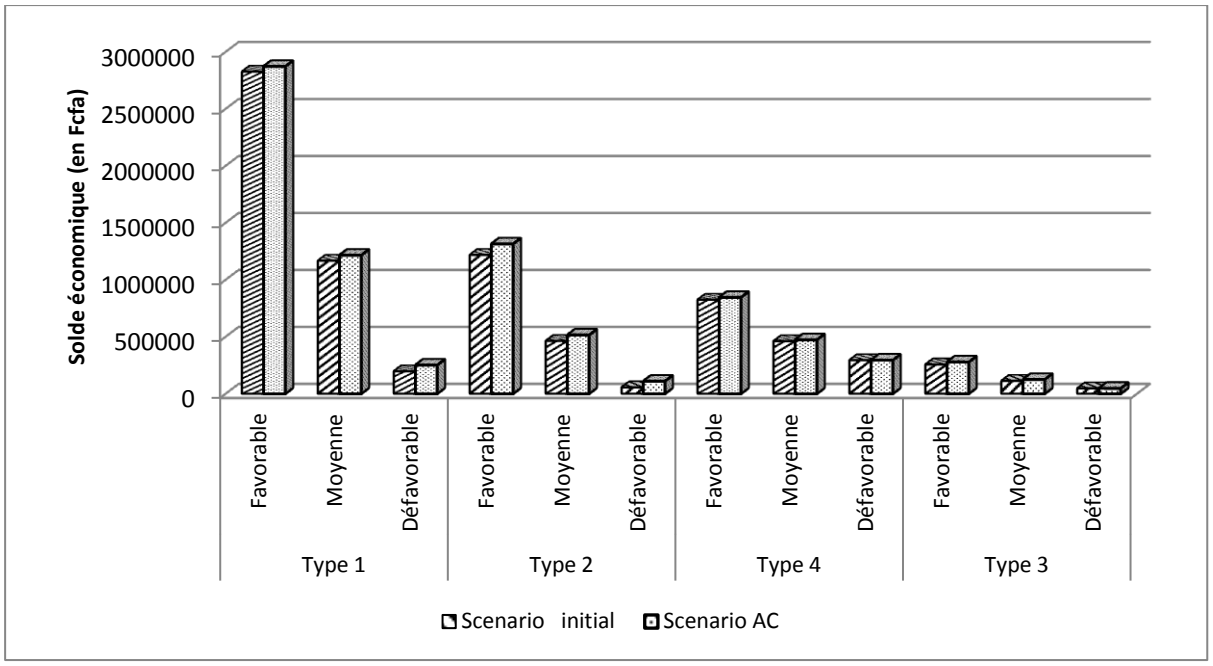


Figure 10 Solde économique de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des exploitations

L'augmentation observée correspond respectivement à 26% et 19% du solde économique de la situation initiale pour les exploitations de type 1 et 2 dans le cas d'une année de pluviométrie défavorable. Pour l'année de pluviométrie favorable et moyenne par contre, l'augmentation représente respectivement 2% et 7% de leur solde économique.

Pour les exploitations de type 4 et 3, l'augmentation observée est respectivement de l'ordre de 2% et de 4% à 11 % pour l'année favorable et moyenne. Pour ce qui est de l'année défavorable, le solde économique de ces exploitations reste identique à celui du scénario initial.

3.1.3.2. Effet sur le bilan fourrager et la charge de travail des exploitations

Le scénario d'AC améliore nettement le bilan fourrager en unité fourragère (UF) et en matière azotée digestible (MAD) des exploitations ; pour ce qui concerne les animaux recevant une complémentation en saison sèche chaude du fait d'une augmentation des stocks fourragers via les fanes de la culture associée (figure 11).

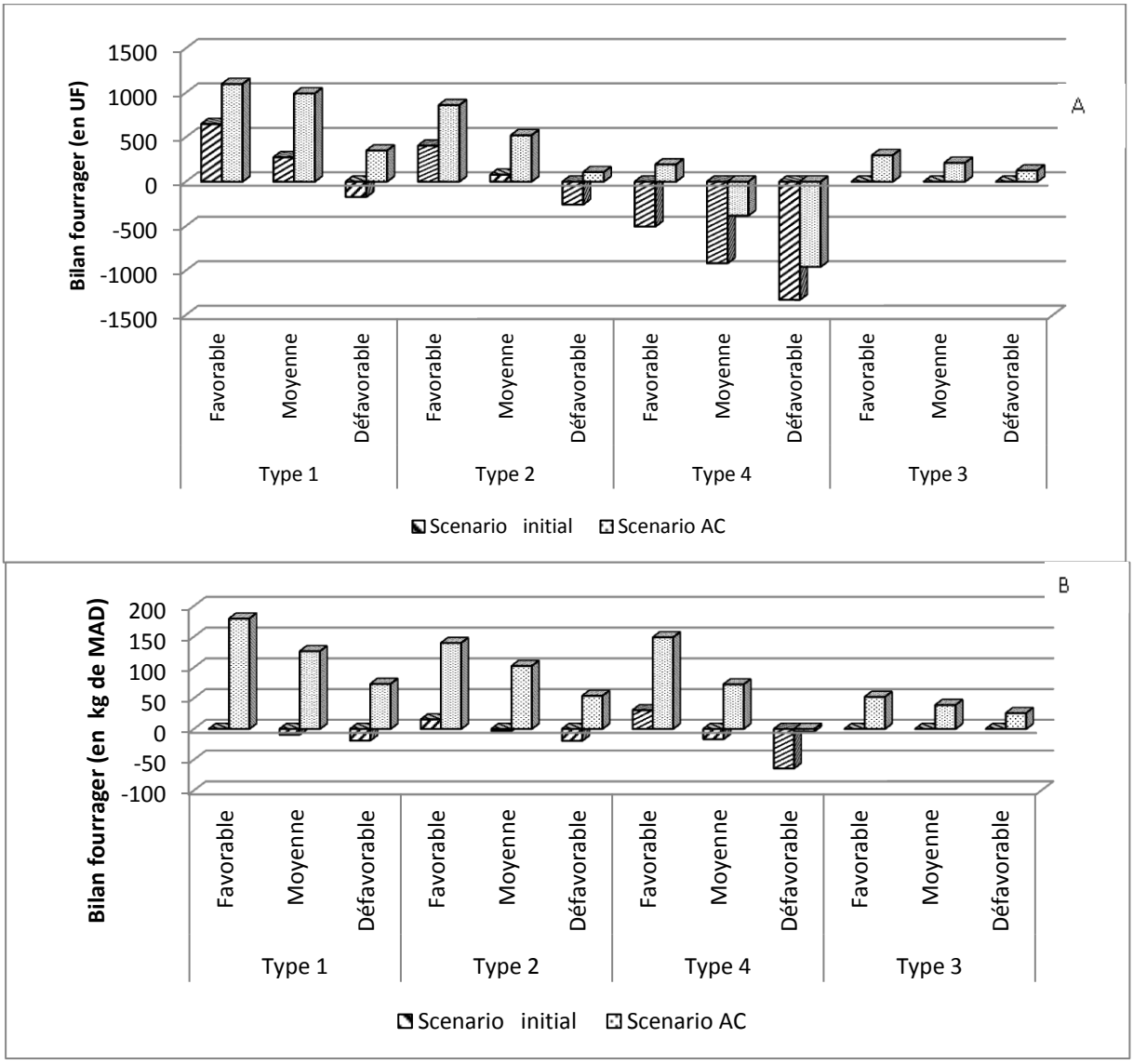


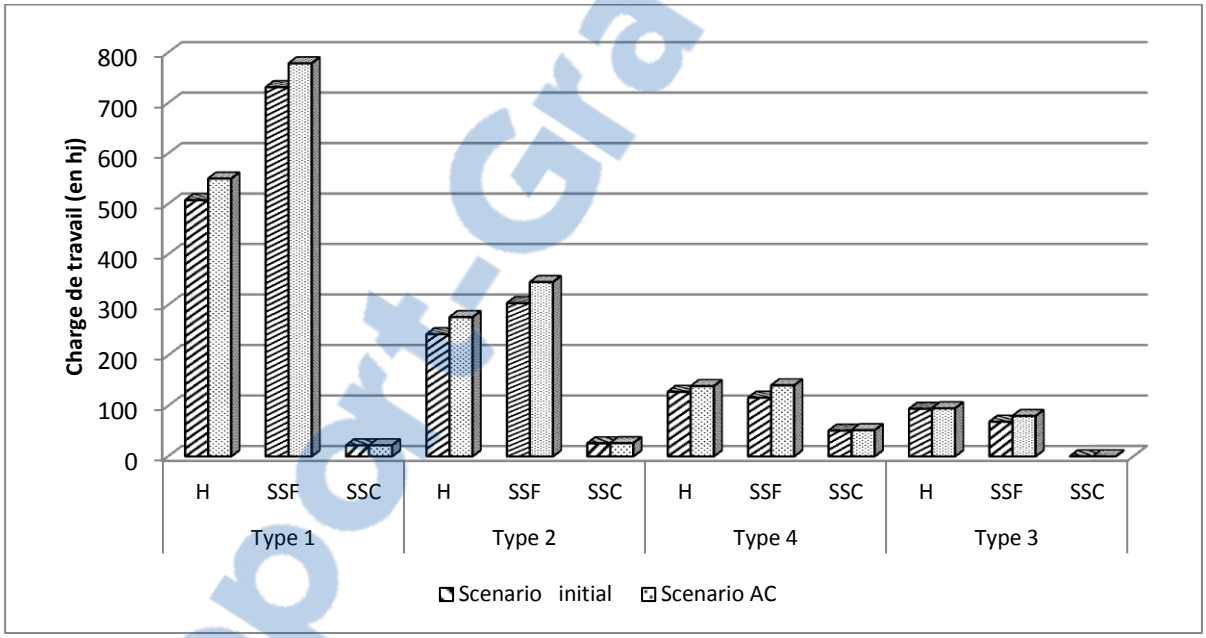
Figure 11 : Bilan fourrager (en UF en MAD) de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des animaux alimentés sur les exploitations en saison sèche chaude.

Pour les exploitations de type 1 et 2, le bilan en unité fourragère (figure 11A) s'améliore de 60% à plus de 100%. Ainsi les bilans en UF négatifs en année défavorable pour le scénario initial deviennent positifs avec le scénario d'AC. Pour l'exploitation de type 4, le bilan en UF s'améliore aussi de plus de 100% en année favorable et devient positif. Cependant il demeure

déficitaire en année moyenne et défavorable même si le déficit est réduit de 28% à 58% par rapport à la situation initiale.

Du fait de la richesse en azote des fanes de niébé récoltées pour le fourrage, il ressort (figure 11B) une amélioration du bilan fourrager en termes de matière azotée digestible (MAD) de plus de 100% sur toutes les exploitations de sorte que les bilans deviennent positifs pour tout type d'années pluviométriques. Pour l'exploitation de type 3, la production de fourrage (UF et MAD) n'est pas valorisée car il n'y a pas d'animaux complémentés sur l'exploitation.

Les résultats relatifs aux charges de travaux des exploitations illustrés par la figure 12 indiquent que la mise en œuvre de l'AC dans les exploitations entraine une augmentation de la charge de travail pour la période d'hivernage et de saison sèche froide ; augmentation liée aux opérations de désherbage et de récolte du niébé (gousses et fanes).



H : hivernage ; SSF : saison sèche froide ; SSC : saison sèche chaude

Figure 12 Charge de travail de la situation initiale et du scénario de mise en œuvre de l'AC des exploitations pour la période d'hivernage, de saison sèche froide et de saison sèche chaude.

En hivernage les augmentations les plus importantes sont observées pour les exploitations de type 1, 2 et 4 avec un accroissement de l'ordre de 14% pour le type 2 et de 9% pour le type 1 et 4. Pour l'exploitation de type 1 par contre elle n'est que de 1%. En saison sèche froide, le supplément de travail s'élève à 22% pour le type 4, 16%, type 3, 13% pour le type 2 et 8% pour le type 1.

Rapport-Gratuit.com

3.1.3.3. Effet sur le bilan minéral apparent des parcelles

La figure 13 présente les résultats des simulations du bilan minéral apparent des parcelles de maïs pour les exploitations de type 1, 2 et 4 ; et de sorgho pour l'exploitation de type 3 pour une année de pluviométrie favorable.

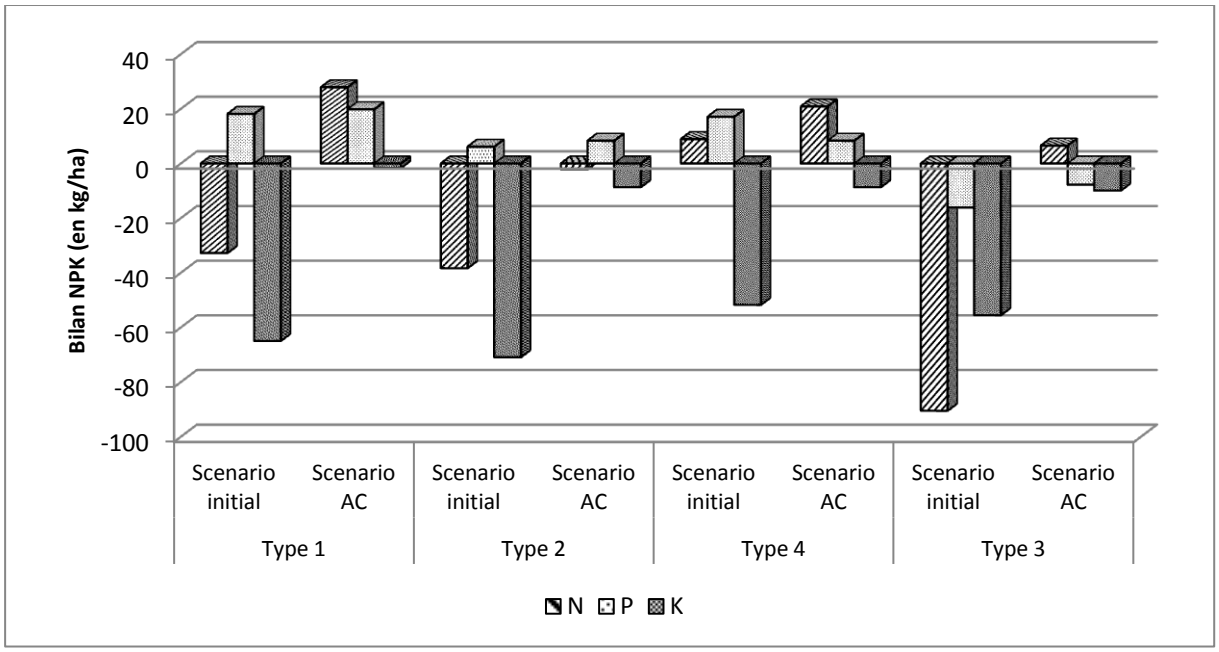


Figure 13 : Bilan N, P et K apparent des parcelles des principales céréales (maïs ou sorgho) pour le scénario de mise en œuvre de l'AC et pour la situation initiale des exploitations dans le cas d'une année de pluviométrie favorable.

Il ressort qu'excepté le bilan azoté pour l'exploitation de type 4, les bilans potassiques et azotés des parcelles des exploitations sont négatifs pour le scénario initial. Avec le scénario d'AC, les bilans azotés des exploitations deviennent positifs. Les bilans potassiques s'améliorent de 82% à 97% selon le type d'exploitation mais restent déficitaires. Cependant, on observe que pour l'exploitation de type 4, le bilan phosphaté positif en situation initiale diminue avec le système d'AC.

Pour l'année de pluviométrie moyenne les tendances observées sont similaires à celles d'une année de pluviométrie favorable (voir annexe 5)

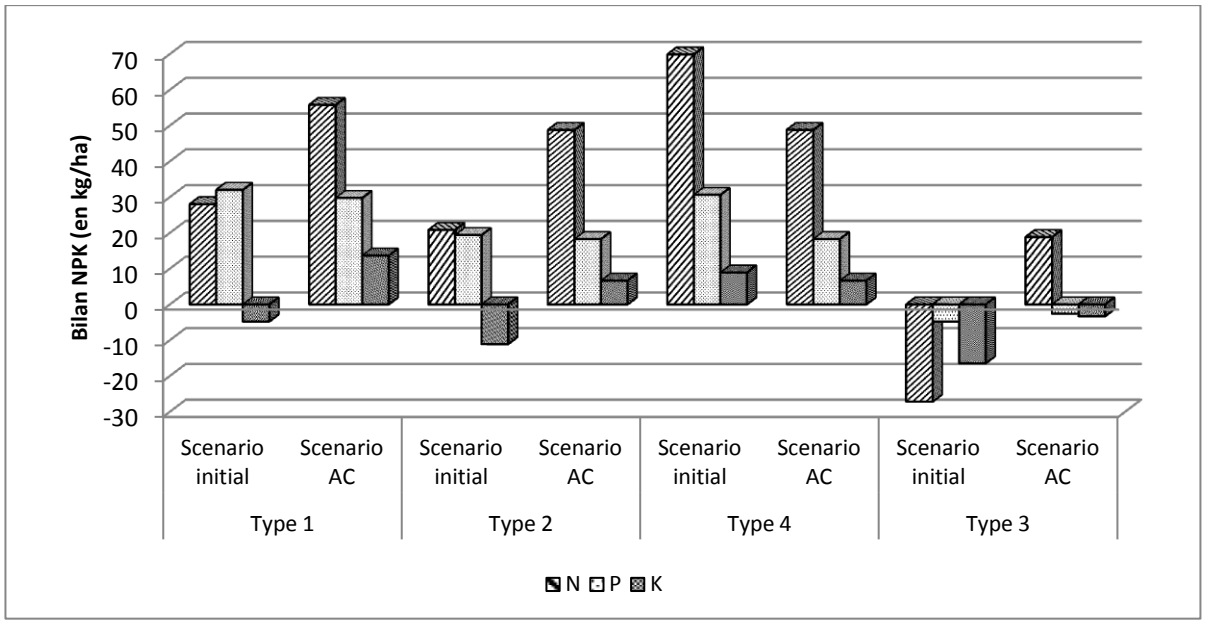


Figure 14 : Bilan N, P et K apparent des parcelles des principales céréales (maïs ou sorgho) pour le scénario de mise en œuvre de l'AC et pour la situation initiale des exploitations dans le cas d'une année de pluviométrie défavorable.

Dans le cas d'une année de pluviométrie défavorable (figure 14), les bilans minéraux des exploitations sont meilleurs par rapport à l'année de pluviométrie favorable et moyenne pour le scénario initial. Cela à cause des faibles exportations en minéraux (liés aux faibles rendements en année de pluviométrie défavorable). Avec le scénario d'AC, les bilans s'améliorent davantage. Les bilans P et K de l'exploitation de type 3 s'améliorent respectivement de 46% et de 80% et son bilan azoté devient positif. Aussi les bilans potassiques pour l'exploitation de type 1 et 2 deviennent positifs. Toutefois pour l'exploitation de type 4, le bilan phosphaté, et azoté diminuent par rapport au scénario initial.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.2. Discussion

3.2.1. Situation des types d'exploitations par rapport l'Agriculture de Conservation

Des pratiques en lien avec les principes de l'AC ont été observées au sein des exploitations caractérisées. Il s'agit du semis direct, de la préparation du sol par scarifiage, de la rotation et l'association des céréales avec le niébé. La couverture du sol avec des résidus par contre n'a pas été observée. Comme l'ont soulignés Ashburner et *al*. (2002) et Giller et *al*. (2011), il est difficile de conserver des résidus sur les parcelles dans le contexte de la zone subsaharienne sèche où la vaine pâture constitue le principal moyen d'alimenter les animaux en saison sèche. Sansan (2011) en caractérisant les pratiques de producteurs de la région Nord et Est du Burkina Faso note que la modalité de gestion dominante des résidus de cultures est le stockage pour l'alimentation du bétail cela à cause du manque de fourrage pendant la saison sèche chaude.

Parmi les types d'exploitations identifiés, les exploitations de type 3 qui se caractérisent par la pratique régulière du semis direct, l'association des céréales avec le niébé sur la majeure partie de leur superficie cultivée et la rotation des cultures avec des légumineuses constituent celles ayant les pratiques les plus convergentes à celles de l'AC. Les exploitations de type 1, 2 et 4, avec le billonnage comme principale modalité de préparation du sol, pratiquant principalement une rotation coton//céréales (type 1 et 2) ou une culture continue de céréales (type 4), et réalisant le plus souvent des cultures pures sont celles qui s'écartent des principes de l'AC.

Il faut cependant noter qu'une convergence des pratiques aux principes de l'AC ne signifie pas une plus grande prédisposition à l'adoption de l'AC. En effet, les pratiques observées dans les exploitations de type 3 résultent plus de contraintes d'équipements et de main d'œuvre que de choix techniques. Ce sont des exploitations ne possédant ni de bœufs de trait ni d'équipements attelés ; caractérisées par un faible nombre d'actifs (2 ± 1 actifs) et cultivant de petites superficies (2,39 ± 0,94 ha).

Nos résultats vont dans le sens de ceux de Essecofy (2011). En réalisant une typologie des exploitations à l'Est du Burkina Faso (Gori et Kombienbiga) par une méthode utilisant des indices de proximité des pratiques par rapport aux principes l'agriculture de conservation, il trouve que les exploitations les plus proches de l'AC sont celles qui cultivent de petites superficies et possédant un faible niveau d'équipement et une faible activité d'élevage. Pour cet auteur, les exploitations les mieux équipées, possédant les grandes superficies cultivées se

caractérisent par la pratique du labour sur la quasi-totalité de leurs champs, la mise en œuvre de systèmes de monocultures avec application de FO et d'engrais minéraux ; ce qui est en accord avec nos observations.

3.2.2. Effets du scénario d'AC sur les performances des exploitations.

Le scénario d'AC entraine une diminution du bilan céréalier des exploitations. Cette diminution observée est due au choix de modélisation de considérer qu'une céréale associée à une légumineuse a un rendement moindre qu'une céréale en culture pure. En effet, plusieurs auteurs (Traoré et *al.*, 1999 ; Segda et *al.*, 2000 ; Nchoutnji et *al.*, 2010) ont indiqué une tendance de diminution des rendements de la céréale (maïs ou sorgho) associée avec une légumineuse (le mucuna). La diminution du bilan céréalier plus marquée chez l'exploitation de type 3 s'explique par le fait que ces exploitations ayant initialement un faible niveau de production, toute baisse des rendements y est beaucoup plus perceptible. Les exploitations de type 1, 2 et dans une moindre mesure le type 4 disposant généralement d'une production excédentaire de céréales, la baisse des rendements liée à l'association n'affectera leur bilan céréalier que pour les années de mauvaises pluviométries pour lesquelles on observe une chute des rendements de maïs (principale céréale au sein de ces exploitations).

Si la baisse des excédents céréaliers entraîne une réduction des quantités de céréales vendues, le supplément de niébé produit permet de compenser la perte de produit brut, du fait d'un prix de vente plus élevé que celui des céréales et d'obtenir un solde économique légèrement plus élevé. Le solde économique de l'exploitation de type 4 étant essentiellement fourni par les activités d'élevage, on constate que la contribution au solde économique du supplément de niébé produit est faible (2% pour l'année favorable et moyenne, 0% en année défavorable). Pour les exploitations de type 1 et 2, l'augmentation du solde économique, faible en année favorable et moyenne (2% et 7%), devient plus perceptible en années de pluviométrie défavorable (26% et 19%) avec la baisse des excédents céréaliers. Concernant l'exploitation de type 3, on observe que l'augmentation du solde économique est relativement faible (plus 4 à 11%) en année favorable et moyenne. En année défavorable, le solde économique du scénario d'AC pour cette exploitation reste identique à celui du scénario initial, car la production de niébé est inférieure à la quantité mise en réserve par le producteur. Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Fabre (2010) qui par simulation avec le modèle Olympe trouve que l'adoption de semis direct sous couverture végétale (SCV) augmente le revenu des exploitations du lac Alaotra à Madagascar. Cela en raison d'une augmentation des

productions. Il remarquait que l'effet sur le revenu était plus important pour les exploitations de petite taille.

En ce qui concerne le bilan fourrager, nos résultats indiquent que dans les exploitations de type 1 et 2 où les animaux alimentés avec le stock de fourrage en saison sèche chaude sont constitués uniquement de bœufs de trait, le scénario d'AC permet de satisfaire les besoins fourragers (UF et MAD) du fait de l'augmentation du stock et de la part de fourrage de qualité. Chez l'exploitation de type 4 qui se caractérise par un nombre relativement important de bovins complémentés (bœufs de trait, bœufs d'élevage, vache laitière, bœufs d'embouche), le bilan UF demeure négatif pour les années de pluviométrie moyenne et défavorable. Chez l'exploitation de type 3, où il n'y a pas de bovins à complémenter, le fourrage produit pourrait servir à l'alimentation des petits ruminants.

Des auteurs (Ehui et *al.*, 1990 ; Lahmar et *al.*, 2006 ; Chevrier et Barbier, 2006), dans des contextes différents ont montré que l'AC réduit les temps de travaux des exploitations : réduction liée essentiellement à une diminution des charges de travaux pour la préparation du sol. De notre étude, il ressort une augmentation des charges des travaux des exploitations. Cela s'explique par le fait que dans notre contexte où l'usage d'herbicides de post-levée sélectifs est très peu observé, pour prendre en compte dans le modèle les pratiques d'AC, il à été considéré que deux désherbages manuels sont réalisés à la place du sarclage mécanique et du buttage habituellement réalisé en système conventionnel. A cela s'ajoute la récolte de gousses et de fanes de niébé associées aux céréales. On observe donc que pour l'exploitation de type 3, où le désherbage est déjà manuel, l'augmentation du temps de travail est très faible en hivernage (1%). Pour les exploitations de type 1, 2 et 4 chez qui l'on observe habituellement des cultures pures et la pratique du sarclage mécanique et du buttage, l'augmentation des temps de travaux en hivernage est de l'ordre de 9% à 14 %. Le problème de l'augmentation des charges de travaux relative au contrôle des adventices des systèmes d'AC a été évoqué par Affholder et *al.*, (2010) pour les petites exploitations du Vietnam. Ils concluent de la nécessité d'utiliser des herbicides pour substituer le besoin de main œuvre ; tout en soulignant que cela est économiquement préjudiciable pour les exploitations du fait de l'augmentation des coûts de production.

Pour ce qui est de la gestion de la fertilité des sols, on constate que le scénario d'AC tend à améliorer le bilan minéral apparent des parcelles. Ce résultat s'explique par le fait qu'en conservant les résidus de cultures sur les parcelles, les exportations en éléments minéraux des cultures diminuent. A cela s'ajoute l'apport de la légumineuse pour le cas de l'azote. On

remarque cependant une baisse du bilan phosphaté (pour les trois types d'année pluviométrique) et du bilan azoté (en année défavorable) pour l'exploitation de type 4 en scénario d'AC par rapport au scénario initial. Comme l'ont soulignés Blanchard (2005) et Schaller (2008), les exploitations d'éleveurs par le parcage des animaux sur les parcelles y apportent des quantités importantes de FO. L'hypothèse étant faite que sur les parcelles en AC il n'y a pas d'apport de FO ; les apports en phosphate et en azote lié à la conservation des résidus pourraient ne pas compenser les pertes liées au non apport de FO sur ces parcelles. Cela est d'autant plus vraisemblable que les exportations en phosphate des pailles de maïs sont faibles : 1,7 kg par tonne de paille selon Pieri (1989). Aussi, les exportations d'azote en année de pluviométrie défavorable étant plus faible par rapport aux années de pluviométrie favorable et moyenne du fait des faibles rendements, l'écart entre l'azote que l'on perd en n'apportant pas FO et celui que l'on gagne en conservant les résidus de culture augmente d'avantage.

Au vue des effets du scénario d'AC sur les performances des exploitations, on est amené à penser que les exploitations de type 1 et 2 sont les plus aptes à l'intégration de systèmes d'AC. En effet, ces exploitations disposent d'une plus grande capacité à prendre le risque d'une diminution de leur bilan céréalier. Par ailleurs, on observe pour ces exploitations, une augmentation sensible de leur revenu pour les années de pluviométrie défavorables (années de faible production céréalière) en scenario d'AC. Aussi, les résultats de simulation indiquent que la production de fourrage lié à l'association permet la satisfaction des besoins fourragers des animaux (bœufs de trait) alimenté avec le stock de fourrage en saison sèche chaude au niveau de ces exploitations. Il faut cependant tenir compte du fait que Wandel et Smithers (2000) et Lahmar et *al*. (2006) ont noté que la réduction des temps de travaux constitue un facteur déterminant pour la décision de l'agriculteur à adopter l'AC. Aussi Fabre (2010) mentionne qu'il a été observé à Madagascar qu'avec l'appui des services de crédit, les exploitations les plus vulnérables ont été plus disposées à l'adoption du SCV du fait qu'ils sont « habitués » à une forte instabilité de leur production agricole.

3.2.3. Le modèle adapté : un outil à améliorer.

Dans notre étude, la modélisation a servi d'outil d'analyse. L'activité de modélisation a nécessité des choix de modélisation et des simplifications. L'exercice de calibration a montré des limites sur les données disponibles. Ainsi pour les rendements des cultures associées, des ajustements à dire de producteurs ont été effectués. Certains facteurs tels que l'effet de la couverture du sol sur l'enherbement et le rendement n'a pas été pris en compte. Des essais

mis en place dans le cadre du projet visent à quantifier ces effets. Aussi, le calcul du bilan minéral se focalise sur les apports et les sorties directement actionnables par le producteur. Les pertes minérales par lixiviation, par érosion, par ruissellement, et les pertes d'azote sous forme gazeuse (dénitrification, volatilisation) ne sont donc pas considérées. Comme l'indique Pieri (1989), ce n'est qu'à l'échelle d'une parcelle expérimentale, qu'on peut mieux analyser les bilans minéraux. Dans le cadre d'une utilisation du modèle comme outil d'accompagnement pour le changement de pratiques, il faudra bien informer les producteurs sur les simplifications du modèle. Le modèle serait alors comme un support de discussion et non un outil de prédiction. L'utilisation avec les acteurs pourrait fournir en outre des pistes d'adaptation supplémentaires du modèle.

L'avantage de notre approche réside dans le fait que c'est une méthode qui combine une description de la diversité des exploitations existantes avec un modèle simplifié permettant d'extrapoler les effets de l'intégration de systèmes d'AC dans les exploitations à travers des indicateurs en liens avec les objectifs des exploitants (bilan céréalier, solde économique, bilan fourrager, bilan minéral et charge de travail).

.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons évalué les effets potentiels d'une intégration de systèmes d'AC dans les exploitations en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Pour ce faire, des exploitations ont été caractérisées en relation avec la convergence ou non de leurs pratiques aux principes de l'AC et un modèle de fonctionnement de l'exploitation a été adapté à la prise en compte de scénarios d'intégration de système d'AC. Quatre (04) types d'exploitations ont été mis en évidence : des exploitations équipées à orientation cotonnière (type1), des exploitations équipées à orientation céréalière (type2), des exploitations équipées à orientation d'élevage (type 4) et des exploitations non équipées à orientation céréalière (type 3). Les exploitations de types 3 sont celles dont les pratiques actuelles sont les plus proches des principes de l'AC. Par ailleurs, un modèle simplifié permettant de tester la mise en œuvre de systèmes d'AC au sein des exploitations a été élaboré. Les résultats des simulations montrent que l'intégration de systèmes d'AC impliquant l'association du niébé aux céréales avec conservation des pailles sur les parcelles entraîne, une augmentation du solde économique des exploitations, une amélioration du bilan fourrager des animaux complémentés en SSC et une amélioration du bilan minéral des parcelles. Cependant, cela s'accompagne d'une diminution du bilan céréalier et d'une augmentation des charges de travaux. Il ressort de cette étude que les exploitations de type 1 et de type 2 semblent les plus aptes à l'intégration de l'AC.

Dans la perspective d'une utilisation de l'outil comme support de discussion avec les producteurs, il est nécessaire de disposer de données d'expérimentation des systèmes d'AC en milieu réel pour calibrer et valider le modèle afin qu'il rende mieux compte des effets de l'AC. Aussi, il serait intéressant d'intégrer d'autres légumineuses fourragères comme le mucuna et le niébé fourrager à associer aux céréales. Cela permettra de tester des systèmes d'AC diversifiés et potentiellement intéressants pour les éleveurs.

BIBLIOGRAPHIE

Affholder F., Jourdain D., Quang D.D., Tuong T.P., Morize M., Ricome A., 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems : A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam, Agricultural Systems 103, 51–62.

Andrieu N., 2008. Compte-rendu du comité de pilotage du projet Corus du 22 et 23 avril 2008. Bobo-Dioulasso, CIRAD, CIRDES**,** 11P.

Andrieu N., Bonhomme M., Duru M., Poix C., 2007. FDMS, farmland diversity and forage production unit management simulator, Comput. Electron. Agric. 59, 86-89.

Andrieu N., Dugué P., Le Gal P.Y., Schaller N. 2010. Modéliser le fonctionnement d'exploitations agricoles de polyculture élevage pour une démarche de conseil. Cas de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso *In* Seiny B L., Boumard P. (eds.), Savanes africaines en développement : Innover pour durer. Actes du colloque, Garoua, Cameroun, 20-23 avril 2009.

Ashburner J., Friedrich T., Benites J., 2002. Opportunities and constraints for conservation agriculture in africa. Leisa magazine 18 (3), 13-14**.**

Autfray P., 2008. Soil Organic Matter Management : The Relationship with Cropping Systems and Cover crops. Rapport de Formation UEPG /Cirad Novembre 2006, Ponta-Grossa Brésil, 30p.

Baker C.J., Saxton K.E., Ritchie W.R., Chamen W.C.T., Reicosky D.C., Ribeiro M.F.S., Justice S.E. and Hobbs P.R., 2007. No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture (2nd edn). Rome : CABI and FAO.

Baudron F., Corbeels M ., Monicat F., Giller K.E., 2009. Cotton expansion and biodiversity loss in African savannahs, opportunities and challenges for conservation agriculture: a review paper based on two case studies. Biodivers Conserv. 18, 2625-2644

Blanchard M., 2005. Relations agriculture élevage en zone cotonnière : territoire de Koumbia et waly, Burkina Faso. Mémoire DESS, Université Paris XII, Val de Marne, France, 97p

Blazy J., 2008. Evaluation ex-ante de systèmes de culture innovants par modélisation agronomique et économique : de la conception à l'adoption. Cas des systèmes de culture bananiers de Guadeloupe. Thèse de doctorat, Institut Supagro, Montpellier, France, 192 p.

Bwalya M., et Friedrich T., 2002. Conservation agriculture in developpement : the case of africa. Proceeding international workshop on modernizing agriculture, Jinga/Uganda 19-25/05/2002, 10-12.

Chevrier A. et Barbier S., 2002. Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols : création d'un référentiel et premiers résultats. Mémoire d'ingénieur agronome, Institut National de la Recherche Agronomique de Versailles-Grignon, France, 96p.

Corus., 2007. Rôle de la modélisation pour la gestion durable des systèmes de production coton-céréales-élevage en Afrique de l'Ouest. Document de projet, 12 p.

Derpsch, R. and Friedrich T., 2009. Global overview of Conservation Agriculture adoption. Invited Paper, 4th World Congress on Conservation Agriculture: Innovations for Improving Efficiency, Equity and Environment, 4–7 February. New Delhi : ICAR. (http://www.fao.org/ag/ca, consulté le 23/02/2012).

Djamen P., Mauraux F., Ashburner J., Triomphe B., Kienzle J., 2005. L'agriculture de conservation en Afrique francophone de l'Ouest et du Centre : états des lieux, enjeux et défis. *In :* Congrès Mondiale de l'agriculture de conservation, 3 au 7/10/2005, vol x. FAO, Nairobi, Rome, 114p

Dogliotti S., van Ittersum M.K., Rossing W.A.H., 2005. A method for exploring sustainable development options at farm scale: a case study for vegetable farms in South Uruguay. Agric. Syst. 86, 29-51.

DREP- OUEST., 2001. Monographie province du Tuy, Bobo-Dioulasso, DREP-Ouest. 61p.

Dzotsi A.K.A., 2002. Le Modèle CERES-Maize de DSSAT pour l'Analyse de Stratégie de Semis chez le Maïs. Mémoire d'Ingénieur Agronome, IFDC Afrique/ESA-UL, 103p.

Ehui, S. Kang B.T., Spencer D.S.C., 1990. Economic analysis of soil erosion effects in alley cropping, no-till and bush fallow systems in South Western Nigeria. Agricultural_Systems 34(4), 349-368.

Erenstein O., Sayer, K., Wall, P., Dixon, J. and Hellin, J., 2008. Adapting no-tillage agriculture to the smallholder maize and wheat farmers in the tropics and sub-tropics. *In* T. Goddard, M.A. Zoebisch, Y.T. Gan, W. Ellis, A. Watson and S. Sombatpanit (eds.), No-Till Farming Systems. Special Publication No. 3, 253–277.

Rapport-Gratuit.com

Essecofy G.F., 2011. Potentiel de développement de l'agriculture de conservation des petites exploitations agricoles familiales : étude de cas à Gori et Kombienbiga (Burkina Faso). Master of science, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, 114 p.

Fabre J., 2010. Evaluation technico-économique des effets des systèmes de culture sous couverture végétale dans les exploitations du lac Alaotra, Madagascar. Mémoire d'ingénieur agronome, Institut Supagro de Montpellier, France, 162p.

FAO, 2011. Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la production des consommateurs.(http://www.fao.org/ag/ca/fr/; Consulté le 14/09/11).

Florentin M.A., Peñalva M., Calegari A., Rolf Derpsch R., 2010. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on smalls Farm. Integrated Crop Management Vol.12, 103p.

Giller K., Corbeels M., Nyamangara J., Triomphe B., Affholder F., Scopel E., Tittonell P., 2011. A research agenda to explore the role of conservation agriculture in African smallholder farming systems. Field Crops Research 124, 468−472.

Gouttenoire L., 2010. Modéliser, partager, réinterroger. Une expérience participative pour accompagner les reconception de systèmes d'élevage. Thèse de doctorat, AgroParisTech, Saint-Genès-Champanelle, France, 248p.

INSD, 2007. Résultats préliminaires du recensement général de la population (RGPH) de 2006 au Burkina Faso, 51p.

Kassam A., Friedrich T., Shaxson F.,Pretty J., 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. International Journal of agriculture sustainability 7(4), 292-320.

Lahmar R., 2006. Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA. Dans : Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69, CIHEAM IAMZ, Zaragoza, Espagne, 11-18.

Landais E., 1998. Typologies d'exploitations agricoles. Nouvelles questions, nouvelles méthodes *In* Économie rurale N°236, 3-15.

Le Gal P.Y., 2009. Agronomie et conception de systèmes de productions innovants : concepts, démarches et outils. Symposium international « agriculture durable en région méditerranéenne (AGDUMED) Rabat, Maroc, 14-16 mai 2009.

Martin-Clouaire R. et Rellier, J.P., 2003. Modélisation et simulation de la conduite d'un système de production agricole. 4e Conférence Francophone de Modélisation et Simulation «Organisation et Conduite d'Activités dans l'Industrie et les Services» MOSIM'03 – du 23 au 25 avril 2003, Toulouse, France.

Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R., Tillon, J.P., 2006. Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Rapport du groupe de travail. INRA, 71p. Millenium Ecosystem Assessment, 2005.

Nchoutnji I., Dongmo A.L., Mbiandoun M., Dugué P., 2010. Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs: cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun. Tropicultura 28(3), 133-138.

Ndour A., Gueye M., Pereau G., Martin P., Clouvel P., 2006. Développement d'un outil de simulation de la croissance du cotonnier ouvert à l'expertise de l'utilisation. Cahiers Agricultures 15(1), 85-91.

Nesme T., Lescourret F., Bellon S., Habib R., 2009. A modelling approach to explore nitrogen fertilisation practices of growers and their consequences in apple orchards. Agricultural Systems 99, 76–85.

Novak S., 2008. Méthodes de conception de systèmes de production innovants à l'échelle de l'exploitation agricole. Synthèse bibliographique. Solphy expertise, 66P. (http://umr-innovation.cirad.fr; consulté le 10/03/12).

Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement au sud du Sahara. Ministère de la coopération française et CIRAD/IRAT (Montpellier), 444 p.

Reynaud A., 2009. Adaptation à court et à long terme de l'agriculture au risque de sécheresse: Une approche par couplage de modèles biophysiques et économiques. Revue d'études en agriculture et environnement 90 (2), 121-151.

Rossing W.A.H., Jansma J.E., De Ruijter F.J., Schans J., 1997. Operationalizing sustainability: exploring options for environmentally friendly flower bulb production systems. European Journal of Plant Pathology 103, 217-234.

Sansan D.J. B., 2010. Analyse des indicateurs paysans d'appréciation de l'agriculture de conservation. Mémoire d'ingénieur agronome, Université Polytechnique de Bobo-dioulasso, Burkina Faso, 86p.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Schaller N., 2008. Analyse et modélisation des relations agriculture-élevage au sein d'exploitations cotonnières dans l'Ouest du Burkina-Faso. Mémoire d'ingénieur agronome, AgroParisTech, Montpellier, France, 108 p.

Segda Z., Hien V., Becker M., 2000. Mucuna cochinchinensis dans les systèmes d'association et de la rotation culturale (Burkina Faso). *In* Floret C., Pontanier R., Libbey J. (eds.), La jachère en Afrique tropical, Eurotext 622-627.

Sempore A., 2010. Validation d'un modèle de simulation du fonctionnement de l'exploitation coton-céréales-élevage dans l'Ouest du Burkina Faso. DEA, Université Polytechnique de Bobo-dioulasso, Burkina Faso, 58p.

Serpentie G., 2009. « L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar », *In* Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement 9(3), (http://vertigo.revues.org/9290; Consulté le 20/10/11).

Sims B., Friedrich T., Kassam A., Kienzle J., 2009. Agroforestry and Conservation Agriculture: Complementary practices for sustainable development. II World Congress of Agroforestry 23-28 August 2009, Nairobi, Kenya.

Sterk B., van Ittersum M.K., Leeuwis CWijnands F.G., 2007. Prototyping and farm system modelling Partners on the road towards more sustainable farm systems?.Europ. J. Agronomy 26, 401-409.

Sustainet EA, 2010. Technical Manual for farmers and Field Extension Service Providers: Conservation Agriculture. Sustainable Agriculture Information Initiative, Nairobi, 20p.

Tourdonnet S., Shili I., Scopel E., 2008. Utilisation des mulchs vivants pour la maîtrise des flores adventices. Innovations Agronomiques 3, 43-48.

Traoré K., Bado B.V., Hien V., 1999. Effet du mucuna sur la productivité du maïs et du coton. *In* Carsky R. J., Etèka A.C., Keatinge J.D.H. Manyong V.M. (eds.), Plantes de couverture et gestion des ressources naturelles en Afrique occidentale, Acte de l'atelier, octobre 1999, Cotonou, Benin, 33-39.

Vall, E., Andrieu, N., Dugué, P., (2008). Evolutions des pratiques agropastorales et changements climatiques en zone soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest : proposition d'un modèle conceptuel de l'interaction climat-écosystème-systèmes de production agropastoraux. Changements climatiques et interactions élevage environnement en Afrique de l'Ouest. 15p.

Van Ittersum M.K., and Donatelli M., 2003. Modelling cropping systems, highlights of the symposium and preface to the special issues. European Journal of Agronomy 18, 187-197.

Vayssieres J., Lecompte P., 2007. Modéliser les pratiques décisionnelles et les flux d'azote à l'échelle globale de l'exploitation : cas de l'élevage bovin laitier en contexte tropical insulaire. Renc. Rech. Ruminants 14, 45-48.

Wandel J., et Smithers J., 2000. Factors affecting the adoption of conservation tillage on clay soils in southwestern Ontario, Canada. American Journal of Alternative Agriculture 15, 181-188.

Whitbread A.M., Robertson M.J., Carberry P.S., Dimes J.P., 2010. How farming systems simulation can aid the development of more sustainable smallholder farming systems in southern Africa. Europ. J. Agronomy 32, 51-58.

Zougmoré R., Kambou F.N., Ouattara K. et Guillobez S., 2000. Sorghum-cowpea intercropping : an effective technique against runoff and soil erosion in the Sahel (Saria, Burkina Faso). Arid Soil Research and rehabilitation 14, 329-342.

ANNEXE

Annexe 1: Guide d'entretien pour les enquêtes

Date
Nom et prénom
Ethnie
Catégorie
Age
Niveau d'instruction
Groupement
Date d'installation

I) Présentation générale de l'exploitation actuelle, et de ses ressources

1 .Personnes vivant sur la concession

Ménag. N°	Chefs ménages		épouses		Enfants					Autre personne		Actif ?
	Nom	Age & niv. Etud.	Nbr	Age & niv. Etud.	Age			sexe	Niveau. Etud.	Age & niv. Etud.	parenté	
					≤8	8-15	≥15					

2. Employer travaillant sur l'exploitation

N°	Nom & prénom	sexe	Age	parenté	Niveau d'instruction	Activité principale	Activité secondaire

3. Plan parcellaire (principales culture, localisation tenure foncière)

Champs	Localisation (distance et toposequence)	Type de sol	Type de tenure foncière
1			
2			
3			

4. Autres activités rémunératrices non agricole (commerce, mécanique, forge, pension de retraite…)

Chef de ménages	activités	Contribution à l'exploitation
Femmes		

-Parents (enfant, frère, sœur, etc.) apportant un aide (financière, matériels) ? Si oui contribution sur l'exploitation

5. Equipements et moyens de production

	nombre	Propriété ?	Groupement ?
Charrue			
Sarcleur			
Butteur			
Semoir			
pulvérisateur			
IR12			
Charrette (asine, bovine)			
Matériels de production de FO (fosse, etabl fum, parc)		Capacité (nbre de charrette ou volume)	localisation

Avez-vous un tracteur ? Si oui équipements attelés

	nbre
Charrue à soc	
Charrue à disque	
Butteur	
Semoir	
Herse	
Remorque	
Autres	

II) Analyse du système de culture

1. Constitution de l'assolement et rendement associé

		En 2011			
Champs	localisation	Culture / jachère	Surf. (ha)	rdt	Destination Conso., vente, betail
1					
2					

-Quelles est cultures privilégiez-vous dans votre assolement (coton, maïs, sorgho, mucuna, autre) et pourquoi

-Y a-t-il des associations de cultures ? Lesquelles ?

-Comment affectez-vous les cultures aux différentes parcelles (type de sol, précédent cultural, délai de retour) ?

-Quels ajustements pouvez-vous faire au cours de la campagne en cas d'année défavorable (retard des pluies, poches de sécheresse, inondation…) : Localisation, surface, changement de culture en dernière minute) ?

-Présence de jachère ? si oui surface……ha ; durée…….année

-A quelle place dans la rotation ? Date de remise en culture.

-Date de remise en culture

-Comment choisissez-vous les cultures et les superficies associées (vente, niveau de besoins familial et fourrager) ?

2. Rotation des cultures

Champs	culture 2011	2010	2009	2008	2007
1					
2					

3. Gestion de la fertilité (coton, maïs, sorgho, mil, autre)

		Fertilisation minérale						**Fertilisation organique**		
Champs	**Culture**	**NPK**			**Urée**			Type : Fumier Compost poudrette	dose	Fréquence Date et place dans la rotation
		Nbr Appl.	dose	date	Nbr Appl.	dose	date			

-Fumure minérale :
Application systématique ou règle de décision (types de sol, précédents culturaux, état cultural, dates de semis, qualité de l'entretien, densité conditions climatiques) ?

- A partir de quel prix vous réduisez les doses d'engrais minéraux ?

-Fumure organique :

-Application systématique ou règle de décision (culture en présence, précédent culturaux, type de sol)

-Ya-t'il eu un changement de stratégies de fertilisation entre 2010 et 2011 ? Quelles sont les raisons du changement

4. Production de fumure organique

Type de fumure organiq	Type de structure (fosse, étable fumière, parc	Qté totale produite	Nature de biomasse (déjection, résidus, ordures	Locali-sation	Calendrier de production	Temps de travail nécessaire	Equipem. mis en œuvre (matériels de transport	MO en charge & tps de travaux
compost								
fumier								
Poudr-ette								

-Contrat d parcage ? Quel coût ou quels services en échange ?

5. Itinéraire technique 2011 (coton, maïs, sorgho, mil, niébé)

Parcelle					
Culture	coton	maïs	sorgho	mil	Niébé
Paillage qté, date MO, durée/ha					
Epandage FO. date qté MO,contrat, matériel, durée/ha					
Préparation du sol .date, MO,contrat, matériels, Durée/ha					
Semis, date MO, densité, durée/ha					
Plante de couverture, espèce, date, MO, durée					
Resemis Date, %, MO, Densité, durée/ha					
Désherbage Sarclage Désherbage Buttage, date, MO, Durée/ha					
Herbicides total, spécifiques dose, date, matériel, MO, durée/ha					
NPK date, MO durée/ha,					
Traitements insecticides Nbre, dose, dates MO durée					
Récolte Date, durée, coût, MO, contrat					
Marges ?					
Devenir des résidus, (type de prélèvement), stock fourrage, combustible, construction…					
Date					
Quantité					

Destination du prélèvement					
Date d'utilisation					
Destination des résidus restant					
Qté apporté					

-Qté herbicide (total, prélevé, post levé) pour coton, maïs, autres

-Qté de traitement semence (coton, maïs sorgho, autre)

-Qté totale insecticide coton (1^{er}, $2^{ème}$, 3^{eme} type)

-Si culture de mucuna, superficie……..,qté semence….. Pour quelles raisons et quel est l'itinéraire technique qui lui est appliqué ?

Si culture d'arachide, superficie……itinéraire technique et devenir des fanes (qté et destination si prélèvement).

III : Problèmes des sols et Techniques de conservation de conservation des eaux et des sols

-Quels sont les problèmes que vous rencontriez sur vos parcelle ? (érosion, fertilité minérale, striga, autre mauvaise herbes…)

-Sur quels type de sols ? (sableux, argileux, gravillonnaire etc.). Se servir du schéma parcellaire,

-Sur quels cultures ? (coton, maïs, sorgho,…)

-Les solutions que vous apportées (diguettes, cordon pierreux, association de cultures, bande enherbé

IV : Pratiques ayant trait aux principes de l'agriculture de conservation (AC)

-Faite vous des pratiques relative à l'AC sur vos parcelles ? : Semi direct, scarifiage (IR12, sarcleur), paillage, etc.

-Sur quels types de sol ? et sur quelles culture ?

-Pour quelles raisons ? (érosion, manque de MO, de matériel de préparation, volonté de réduire les temps de travaux)

-dans le cadre du projet pourquoi avoir choisi une telle association de culture (maïs- niébé, maïs- brachiaria, coton- brachiaria, ou maïs-mucuna) et pas une autre ?

V : Projet d'investissement agricole

Projet d'investissement agricole en cas de bonne saison (outils, charrettes, BdT, obtention de parcelle, autre) et pourquoi (quels objectifs)

VI : Analyse du système d'élevage

1. Allottement des animaux relevant de l'EA , sur l'EA et présent sur l'EA, BdT, bovins mâles, bovins femelles veau, bovins d'embouche, vaches laitières, ânes ovins, caprins, porcins

			Devenir des déjection (h,ssf,ssc)
Lot	Propriétés (nbre)	Confiage (nb) a) confiés à l'extérieur de l'EA b) de l'extérieur confiés à l'EA	
BdT			
Bovins			
Vaches laitières			
Bovins Embouches			
-moutons -chèvres			
Moutons et Chèvres d'embouche			
ânes			
porcs			
volailles			

2. Affourragement

Pratique de la transhumance ? Quels lot….. quels moment ?.....durée……, localisation……..

Période : hivernage juin/novembre

Lot	nbre	localisation	affourragement		SPAI		Pers. En charge	
			Alimt & qté	coût	qté	coût	MO	durée
BdT								
Bovins								
Vaches laitière								
Bovins embouches								
Moutons & Chèvres								
Moutons & Chèvres d'embouche								
Anes								
Porcs								
Volailles								

Rapport-Gratuit.com

3. Achat et Vente de produits animaux

Est-ce que vente ou achat de BdT, bovins, bovins d'embouches ,petits ruminant, petits ruminants (PR) d'embouches, porcs, ânes, volailles ?

Hivernage : juin/novembre

Type	nbre	prix	Période (mois)	déterminant
vente				
achat				

4. Valorisation des produits laitiers (auto consommation, vente, contrat avec le berger ?)

Saison	Nbre de vache laitière	Production totale/jour	autoconsommation	vente	prix	MO	acheteur
Hivernage							
Ss froide (prévision)							
Ss sèche (prévision)							

5. Dépense de santé hivernage

Lot	Vaccination (période& coût, frais, vétérinaire.	Déparasitage période & coût		Soins curatif Période & coût	Coût totale
BdT		Externe	interne		
Vaches laitière					
Bovins d'élevage					
Petits ruminants					

-quels Problèmes rencontrés vous dans les activités d'élevage ?
-quels sont les solutions proposées ?

-Quels sont les investissements prévus pour 2011 : équipement, nouvel atelier (embouche, volaille, porc, petits ruminant…)

VII : Atelier et prise de décision

-Qui prend la décision le responsable de la production seul ?…… le responsable sous le contrôle du chef d'exploitation ou plusieurs personnes en concertation ?

Culture principale		
Nature	responsable	décision
Culture secondaires		

nature	responsable		décision
	Dépendants (nbre d'ha)	Femme Nbre d'ha	

VIII. Suivi des rendements et des résidus de culture stockés

1. Rendements et les résidus stockés

		En 2011					
champs	localisation	Culture	Surf. (ha)	rdt	Destination Conso., vente, bétail	Prélèvement de résidus	
						qté	Date & destination
1							
2							

IX. suivi de la conduite des différents lots d'animaux en saison sèche.

Pratique de la transhumance ? Quels lot….. quels moment ?.....durée……, localisation**……**

1. Affouragement saison sèche froide : novembre/février

lot	nbre	localisation	affourragement		SPAI		Pers. En charge	
			Alimt & qté	coût	qté	coût	MO	durée
BdT								
Bovins								
Vaches laitière								
Bovins embouches								
Moutons & chèvres								
Moutons & Chèvres d'embouche								
ânes								
porcs								
volailles								

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Saison sèche chaude : mars /mai

lot	nbre	localisation	affourragement		SPAI		Pers. En charge	
			Alimt et qté	Coût	qté	coût	MO	durée
BdT								
Bovins								
Vaches laitière								
Bovins embouches								
Moutons & chèvres								
Moutons & Chèvres d'embouche								
ânes								
porcs								
volailles								

2. Achat et vente de produits animaux Saison
Sèche froide : novembre/février

Est-ce que vente ou achat de Bdt, bovins, bovins d'embouches ,petits ruminant, petits ruminants d'embouches, porcs, ânes, volailles

Type	nbre	prix	Période (mois)	déterminant
vente				
achat				

Saison sèche chaude : mars/mai

3. Valorisation des produits laitiers (conso. vente, contrat avec berger)

Type	nbre	prix	Période (mois)	déterminant
vente				
achat				

saison	Nbre de vache laitière	Production totale/jour	autoconsommation	vente	prix	MO	acheteur
Ss froide							
Ss sèche							

1. Dépense de santé saison sèche

lot	Vaccination (période& coût, frais, vétérinaire.	Déparasitage période & coût		Soins curatif Période & coût	Coût totale
BdT		Externe	interne		
Vaches laitière					
Bovins d'élevage					
Petits ruminants					

Annexe 2 : Validation

1. Caractéristiques de l'exploitation ayant servi à la validation

Données d'hivernage

Module ressource			
Famille	Nombre de bouches à nourrir		18
	Nombre d'actifs en hivernage		10
	Nombre d'actifs en saison sèche froide		10
	Nombre d'actifs en saison sèche chaude		10
Equipement	Nombre de charrues		1
	Nombre de l'IR12		1
	Capacité maximale de stockage de la fumure organique dans une fosse fumière	en charrettes petit plateau	10
	capacité de maximale de stockage de la FO dans une fosse compostière	en charrettes petit plateau	10
	Capacité maximale de stockage des résidus de culture	en charrettes petit plateau	25
Parcellaire	Surface cultivée	en ha	10

	Module agriculture	
	Superficie totale (ha)	**10,25**
Agriculture conventionnelle	Nombre d'hectare de coton	3
	Nombre d'hectare de maïs	3 5
	Nombre d'hectare de sorgho + niébé	1
	Nombre d'hectare de mil	1
	Nombre d'hectare de riz	0,5
	Nombre d'hectare de d'arachide	0,5
	Nombre d'hectare de niébé	0,5
	Nombre d'hectare de cultures fourragères	0,25
Agriculture de conservation	Nombre d'hectare de maïs + niébé	0
	Nombre d'hectare de sorgho + niébé	0
	Nombre d'hectare de mil + niébé	0

Module élevage		
Effectif au début de l'hivernage	Nombre de bœufs de trait au début de l'hivernage	4
	Nombre de bovins d'élevage au début de l'hivernage (sans BdT et d'embouche)	3
	Nombre de vaches laitières mises à la reproduction au début de l'hivernage parmi les bovins d'élevage	1
	Nombre de petits ruminants au début de l'hivernage	15
	Nombre de bovins d'embouche au début de l'hivernage	0
Achats pendant l'hivernage	Nombre de bœufs de trait acheté	0
	Nombre de bovins d'élevage acheté	0
	Nombre de vaches laitières acheté	0
	Nombre de petits ruminants acheté	0
	Nombre de bovins d'embouche acheté	0
vente pendant l'hivernage	Nombre de bœufs de trait vendu	0
	Nombre de bovins d'élevage vendu	0
	Nombre de vaches laitières vendu	0
	Nombre de petits ruminants vendu	2
	Nombre de bovins d'embouche vendu	0

Module ressource		fosse	parc
En hivernage	Devenir des déjections des bœufs de trait		*
	Devenir des déjections des bovins d'élevage		*
	Devenir des déjections des petits ruminants		*
	Devenir des déjections des bovins d'embouche		

Module fertilisation			
NPK	Quantité de NPK épandue /ha de coton	en kg	150 (3 sacs)
	Quantité de NPK épandue /ha de maïs	en kg	150(3sacs)
	Quantité de NPK épandue /ha de sorgho	en kg	0
	Quantité de NPK épandue /ha de riz	en kg	50(1sac)
	Quantité de NPK épandue /ha de maïs en AC	en kg	

	Quantité de NPK épandue /ha de sorgho en AC	en kg	0
	Quantité de NPK épandue /ha de mil en AC	en kg	0
Urée	Quantité d'urée épandue /ha de coton	en kg	50 (1 sac)
	Quantité d'urée épandue /ha de maïs	en kg	50 (1 sac)
	Quantité d'urée épandue /ha de sorgho	en kg	
	Quantité d'urée épandue /ha de riz	en kg	25 (1/2 sac)
	Quantité d'urée épandue /ha de maïs en AC	en kg	
	Quantité d'urée épandue /ha de sorgho en AC	en kg	0
	Quantité d'urée épandue /ha de mil en AC	en kg	0
	Quantité maximale de FO épandue par ha	en kg	4000 (20 charrettes)

Module travail		
distance moyenne des parcelles	km	7
superficie totale labourée	ha	1
surface totale billonnée	ha	9,25
surface totale scarifiée	ha	0
surface coton transgénique	ha	1
surface total désherbée chimiquement avant préparation du sol	ha	10
surface total désherbée avec herbicide après la mise place des cultures	ha	7
sorgho fertilisé?	oui/non	non
désherbage attelée?	oui/non	oui
surface totale scarifiée en AC	ha	
surface désherbée chimiquement avec herbicide total en AC	ha	0
surface désherbée avec herbicide sélectif en AC	ha	0
nombre de berger en hivernage		*1*
nombre de berger en saison sèche froide		*1*
nombre de berger en saison sèche chaude		*1*
fosses fumière localisé au champ?	oui/non	non
parc localisé au champ?	oui/non	non

Module économie			
Dépenses liées aux cultures	Nombre de litres d'herbicide total achetés	en L	16
	Nombre de litres d'herbicide coton achetés	en L	9
	Nombre de sachets d'herbicide coton achetés	en sachet	0
	Nombre de litres d'herbicide maïs achetés	en L	0
	Nombre de sachets d'herbicide maïs achetés	en sachet	3
	Nombre de litres d'insecticides 1er type achetés	en L	4
	Nombre de litres d'insecticides 2ème type achetés	en L	5
	Nombre de litres d'insecticides 3ème type achetés	en L	5
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Coton	en Fcfa	29442
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Maïs	en Fcfa	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Sorgho et de mil et de riz	en Fcfa	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Cultures Secondaires	en Fcfa	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Cultures fourragères	en Fcfa	0

2. Données de saison sèche froide et de saison sèche chaude

Module agriculture				
Agriculture conventionnelle	Maïs	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	25
	sorgho	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	25
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	25
	mil	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	0
	riz	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	25
	arachide	Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	
	niébé	Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	75
	Culture fourragère	Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	100
Agriculture de conservation	maïs + niébé	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	0
	sorgho + niébé	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier	%	0
	mil + niébé	Proportion de résidus récoltés pour compost	%	0

Module Ration	
Nb de bœufs d'élevage recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	3
Nb de bœufs de trait recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	4
Nb de bœufs d'embouche recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	1
Nb de vaches laitières recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	
Nb de petits ruminants recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	0
quantité de tourteau achèté (en kg)	0
Module Ration	
Nb de bœufs d'élevage recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	3
Nb de bœufs de trait recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	4
Nb de bœufs d'embouche recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	1
Nb de vaches laitières recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	
Nb de petits ruminants recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	0
quantité de tourteau achèté (en kg)	0

Module FO		**fosse**	**parc**
En saison sèche froide	Devenir des déjections des bœufs de trait		*
	Devenir des déjections des bovins d'élevage		*
	Devenir des déjections des petits ruminants		*
	Devenir des déjections des bovins d'embouche		
En saison sèche chaude	Devenir des déjections des bœufs de trait	*	
	Devenir des déjections des bovins d'élevage	*	
	Devenir des déjections des petits ruminants		*
	Devenir des déjections des bovins d'embouche		

Module économie			
Réserves pour besoins sociaux	Quantité de maïs à mettre en réserve	en sac de 100 kg	15
	Quantité de sorgho à mettre en réserve	en sac de 100 kg	2
	Quantité de mil à mettre en réserve	en sac de 100 kg	2

	Quantité de riz à mettre en réserve	en sac de 100 kg	3
	Quantité de niébé à mettre en réserve	en sac de 100 kg	2
	Quantité de d'arachide à mettre en réserve	en sac de 100 kg	5
Main d'œuvre	Coût de la main d'œuvre extérieure occasionnelle (Labour, désherbage, récolte, etc.)	Fcfa	20000
	Nombre d'actifs permanents employés de l'extérieur		0
Elevage	Montant annuel des frais vétérinaires	Fcfa	5700
	Montant annuel des frais de sel pour les animaux	Fcfa	6250
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat de matériel	Fcfa	0

2. Productions simulées et indiquées par les producteurs.

Productions simulées

	Coton : 3 ha (Rdt en tonne)			Maïs : 3,5 ha			Sorgho + niébé : 1 ha			Mil : 1 ha			Riz : 0,5 ha		
				Rdt en nombre de sacs de 100 kg											
	AF	AM	AD	AF	AM	AD	AF	AM	AD	AF	AM	AD	AF	AM	AD
Sortie modèle	4,5	3	2,4	105	70	35	12	7	4	14	8	5	10	7,5	4

AF = année favorable ; AM = année moyenne ; AD = année défavorable;

Productions indiquées par les producteurs

Producteur N°	Coton : 3 ha (Rdt en tonne)			Maïs : 3,5 ha			Sorgho + niébé : 1 ha			Mil : 1 ha			Riz : 0,5 ha		
	Rdt en nombre de sacs de 100 kg														
	AF	AM	AD	AF	AM	AD	AF	AM	AD	AF	AM	AD	AF	AM	AD
1	4,5	3,1	2	122,5	94	59	7	4	2	9	5	2,5	25	20	11
2	2,5	3	2,5	122,5	105	42	10	5	2	8	4	2	*	*	*
3	3,7	3,3	2,5	157	91	52	6	4	2	*	*	*	14	8	*
4	4,5	3,5	2,8	140	88,5	59,5	7	4	1,5	11	6	3	20	17	11
5	4	3,6	2,1	140	80,5	17,5	8	4	2	7	4	2	30	18	7

* = valeur non indiquée

Annexe 3 : Equations et paramètres ajoutés ou modifiés dans le modèle

Module « système de culture »

Les paramètres permettant d'estimer les exportations en éléments minéraux des cultures ajoutées ainsi que leurs rendements grain et/ou fane pour chaque année climatique sont présentés dans le tableau IV. Les travaux de Bado (2002) réalisés au Burkina Faso montrent que le niébé et l'arachide fixent respectivement en moyenne 52 à 56% et 27 à 34% de leurs besoins en azote de l'atmosphère. Pour le calcul des exportations en azote, nous considérons que ces cultures fixent respectivement 54% et de 30,5% de leur azote dans l'atmosphère.

Paramètres ajoutés en module système de culture

Description du paramètre		Nom du paramètre	unité	Valeur du paramètre	Source
exportation en N des cultures	Exportation en N du coton (coton graine + tiges)	BesNcotonT	en kg N/t	36,2	Pieri C., 1989
	Exportation en N grain du maïs	BesNGmaisT	en kg P/t	15	Pieri C., 1989
	Exportation en N paille du maïs	BesNPmaisT	en kg P/t	12,7	Pieri C., 1989
	Exportation en N grain du sorgho	BesNGsorghoT	en kg P/t	16,5	Pieri C., 1989
	Exportation en N paille du sorgho	BesNPsorghoT	en kg P/t	18,5	Pieri C., 1989
	Exportation en N grain du mil	BesNGmilT	en kg P/t	18	Pieri C., 1989
	Exportation en N paille du mil	BesNPmilT	en kg P/t	11,7	Pieri C., 1989
	Exportation en N grain du riz	BesNGrizT	en kg P/t	17,1	Pieri C., 1989
	Exportation en N paille du riz	BesNPrizT	en kg P/t	17,2	Pieri C., 1989
	Exportation en N de l'arachide (gousse et fane)	BesNarachideT	en kg P/t	52,4	Pieri C., 1989
	Exportation en N du niébé (gousse et fane)	BesNNiebeT	en kg P/t	12,1	Cretenet et *al*, 1994
exportation en P des cultures	Exportation en P du coton (coton graine)	BesPcotonT	en kg P/t	8,2	Pieri C., 1989
	Exportation en P grain du maïs	BesPGmaisT	en kg P/t	4,9	Pieri C., 1989
	Exportation en P paille du maïs	BesPPmaisT	en kg P/t	1,7	Pieri C., 1989
	Exportation en P grain du sorgho	BesPGsorghoT	en kg P/t	5,9	Pieri C., 1989
	Exportation en P paille du sorgho	BesPPsorghoT	en kg P/t	7,8	Pieri C., 1989
	Exportation en P grain du mil	BesPGmilT	en kg P/t	6,6	Pieri C., 1989
	Exportation en P paille du mil	BesPPmilT	en kg P/t	3,3	Pieri C., 1989
	Exportation en P grain du riz	BesPGrizT	en kg P/t	6,9	Pieri C., 1989
	Exportation en P paille du riz	BesPPrizT	en kg P/t	3,4	Pieri C., 1989
	Exportation en P de l'arachide (gousse et fane)	BesParachideT	en kg P/t	9,3	Pieri C., 1989
	Exportation en P du niébé (gousse et fane)	BesPNiebeT	en kg P/t	8,1	Pieri C., 1989
exportation en P des cultures	Exportation en K du coton (coton graine)	BesKGcotonT	en kg P/t	11,7	Pieri C., 1989
	Exportation en K grain du maïs	BesKGmaisT	en kg P/t	6,4	Pieri C., 1989
	Exportation en K paille du maïs	BesKPmaisT	en kg P/t	19,5	Pieri C., 1989
	Exportation en K grain du sorgho	BesKGsorghoT	en kg P/t	3,6	Pieri C., 1989
	Exportation en K paille du sorgho	BesKPsorghoT	en kg P/t	39,6	Pieri C., 1989
	Exportation en K grain du mil	BesKGmilT	en kg P/t	5,6	Pieri C., 1989

	Exportation en K paille du mil	BesKPmilT	en kg P/t	50,5	Pieri C., 1989
	Exportation en K grain du riz	BesKGrizT	en kg P/t	6,9	Pieri C., 1989
	Exportation en K paille du riz	BesKPrizT	en kg P/t	3,4	Pieri C., 1989
	Exportation en K de l'arachide	BesKarachideT	en kg P/t	18,8	Pieri C., 1989
	Exportation en K du niébé	BesKniebeT	en kg P/t	22,2	Cretenet et *al*, 1994
Proportion de paille	Proportion de paille de, mais, de riz et mil restant en fin de saison sèche	PropPmaisFinC	%	10	Schaller, 2008 ; choix de modélisation
	Proportion de paille de sorgho brulée en fin de saison sèche (les 33% étant prélevé)	PropPsorghoFinC	%	67	Schaller, 2008
	Proportion de pailles de cultures fourragères récoltées	PropRecCultFrg	en %	100	Par enquête Koumbia
	Proportion de fanes de niébé associées AC récoltées	PropRecFrgniebeAC	en %	100	Choix de modélisation
Rendement grain année favorable (Type 2004)	Rendement grains du mil	RdtGmilFav	en kg/ha	1100	Par enquête Koumbia
	Rendement grains du riz	RdtGrizFav	en kg/ha	4000	Pas enquête Koumbia
	Rendement grains du niébé	RdtGniébFav	en kg/ha	1000	Schaller, 2008
	Rendement gousse de l'arachide	RdtGarachFav	en kg/ha	2400	Par enquête Koumbia
	Rendement grains maïs associé	RdtGmaïsAssFav	en kg/ha	2500	Rapport Fertipartenaire, 2009 ajusté à dire d'experts
	Rendement grains sorgho associé	RdtGsorghoAssFav	en kg/ha	900	Par enquête Koumbia
	Rendement grains mil associé	RdtGmilAssFav	en kg/ha	1000	Par enquête Koumbia
	Rendement grains niébé associé	RdtGniébAssFav	en kg/ha	300	Rapport Fertipartenaire, 2009 ajusté à dire d'experts
Rendement grain année moyenne (Type 2006)	Rendement grains du mil	RdtGmilMoy	en kg/ha	800	Par enquête Koumbia
	Rendement grains du riz	RdtGrizMoy	en kg/ha	3000	Par enquête Koumbia
	Rendement grains du niébé	RdtGniébMoy	en kg/ha	700	Schaller, 2008
	Rendement gousse de l'arachide	RdtGarachMoy	en kg/ha	1500	Par enquête Koumbia
	Rendement grains maïs associé	RdtGmaïsAssMoy	en kg/ha	1500	Rapport Fertipartenaire, 2010 ajusté à dire d'experts
	Rendement grains sorgho associé	RdtGsorghoAssMoy	en kg/ha	700	Par enquête Koumbia
	Rendement grains mil associé	RdtGmilAssMoy	en kg/ha	600	Par enquête Koumbia
	Rendement grains du niébé associé	RdtGniébAssMoy	en kg/ha	200	Rapport Fertipartenaire, 2010, ajusté à dire d'experts
Rendement grain année défavorable (Type 2007)	Rendement grains du mil	RdtGmilDfv	en kg/ha	400	Par enquête Koumbia
	Rendement grains du riz	RdtGrizDfv	en kg/ha	1800	Par enquête Koumbia
	Rendement grains du niébé	RdtGniébDfv	en kg/ha	300	Par enquête Koumbia
	Rendement gousse de l'arachide	RdtGarachDfv	en kg/ha	1000	Par enquête Koumbia
	Rendement grains maïs associé	RdtGmaïsAssDfv	en kg/ha	800	Rapport Fertipartenaire,

Support gratuit.com

					2011 ajusté à dire d'experts
	Rendement grains sorgho associé	RdtGsorghoAssDfv	en kg/ha	300	Par enquête Koumbia
	Rendement grains mil associé	RdtGmilAssDfv	en kg/ha	400	Par enquête Koumbia
	Rendement grains niébé associé	RdtGniébAssDfv	en kg/ha	100	Rapport Fertipartenaire, 2011 ajusté à dire d'experts
Rendements fanes année favorable (type 2004)	rendement fane du niébé pur	RdtPniébFav	en kg/ha	1850	Base de données Fertipartenaire, 2010 ajusté à dire d'experts
	rendement fane de la culture fourragère	RdtPniébFrgFav	en kg/ha	4000	Schaller, 2008
	rendement fane du niébé associé	RdtPniébAssFav	en kg/ha	800	Rapport Fertipartenaire, 2009 ajusté à dire d'experts
Rendements fanes année moyenne (type 2006)	rendement fane du niébé pur	RdtPniébMoy	en kg/ha	1250	Schaller, 2008
	rendement fane de la culture fourragère	RdtPniébFrgMoy	en kg/ha	3000	Schaller, 2008
	rendement fane du niébé associé	RdtPniébAssMoy	en kg/ha	600	Rapport Fertipartenaire, 2010 ajusté à dire d'experts
Rendements fanes année défavorable (type 2007)	rendement fane du niébé pur	RdtPniébDvf	en kg/ha	700	Schaller, 2008
	rendement fane de la culture fourragère	RdtPniébFrgDvf	en kg/ha	2000	Schaller, 2008
	rendement fane du niébé associé	RdtPniébAssDvf	en kg/ha	400	Rapport Fertipartenaire, 2011 ajusté à dire d'experts
Rapport paille/grain	Rapport pailles/grains du mil	RapPGmil		3,44	Pieri, 1989
	Rapport pailles/grains du riz	RapPGriz		1,22	Pieri, 1989
	Rapport fane gousse de l'arachide	RapPArach		0,94	Pieri, 1989
	Poids moyen d'une charrette de coton	PdsMoyCharCot		600	Par Enquête à Koumbia
	Poids moyen d'une charrette de paille ou de fane	PdsMoyCharPlle	en kg	150	Schaller, 2008
	Nombre de sac de grain moyen transporté par une charrette	NsacGrChar	en sac	6	Enquête à Koumbia

Les équations relatives aux modifications en module culture sont présenté ci- dessous.

Pour chacune des cultures les productions calculées par le modèle ne sont pas le résultat d'une simulation du processus biophysique , mais plutôt calculées à partir de paramètres correspondant au rendement moyen des cultures en fonction de 3 scénarios climatiques (année de pluviométrie, favorable, moyenne ou défavorable correspondant respectivement à des années de type 2004, 2006 et 2007)

- rendement des cultures pour l'année simulée

-Rendement grain (en Kg) des cultures en pour l'année simulée (*RdtG*Cult*gAn)*
*RdtG*Cult*gAn = SI Clim=Fav, alors RdtG*Cult*gAn = RdtG*Cult*gFav, Sinon Si Clim=Moy, alors RdtG*Cult*gAn = RdtG*Cult*gMoy, Sinon RdtG*Cult*gAn = RdtG*Cult*gDfv (1)*

Où :

Cultg = cultures en agriculture conventionnelle (maïs, sorgho, mil, riz, arachide) ou cultures en AC (maïs, sorgho, et mil ; associé au niébé) ;

Clim = année favorable (Fav), moyenne (Moy) ou défavorable (Dfv).

- Rendements en pailles ou fanes du maïs, du sorgho, du mil et du riz et l'arachide (en kg) Pour chaque type d'année climatique (*RdtP*Cult*Clim).*

*RdtPCultClim = RdtGCultClim * RapPGCult* (2)

Où : *Cult* = maïs, sorgho, mil, riz ou arachide ; *RapPGCult* = rapport paille/grain des cultures

-Rendement en paille (en kg) des céréales (maïs, sorgho, mil et riz), des cultures secondaires (niébé, arachide,) et Fourragères (mucuna) pour l'année simulée (*RdtPCultpAn).*

RdtPCultpAn = Si Clim =Fav, alors RdtPCultpAn = RdtPCultpFav, Sinon si Clim=Moy, alors RdtPCultpAn = RdtPCultpMoy, Sinon RdtPCultpAn = RdtPCultpDfv (3)

Où *Cultp* = cultures en système conventionnel : Céréales (Cer), culture secondaire (CultSec) et culture fourragère (CultFrg) ou culture en AC (mais, sorgho et mil ; associé au niébé).

- Exportations en éléments minéraux des cultures (en kg N, P ou K/ha).

Pour le calcul des exportations, on retient l'hypothèse simplificatrice selon laquelle l'on peut obtenir les exportations en éléments minéraux des cultures par hectare par une règle de proportionnalité à partir des besoins minéraux par tonne de production (grain et de paille) les rendements des cultures pour l'année climatique correspondante et les prélèvements en résidus sur les parcelles.

Concernant le prélèvement des résidus sur les parcelles, des taux de ramassage des résidus de 25%, 50%, 75% et 100% peuvent être choisis par producteur sur les parcelles en cultures conventionnelle. Sur les parcelles en Agriculture de conservation par contre, seul des taux de ramassage de la paille compris entre (0% et 50%) peuvent être choisi par le producteur, car les résidus doivent être conservés sur ces parcelles. les exportations en NPK sur ces parcelles correspondent donc à une exportation de 100% des grains et à 0 à 50% des pailles selon la modalité choisi par le producteur. Pour les cultures en agriculture conventionnelle de mil, le riz on retient l'hypothèse faite pour le maïs par Schaller (2008) : les exportations en paille (vaine pâture et récolte) correspondent à 90% de la paille. Les exportations en NPK correspondent donc à l'exportation de 100% des grains et 90% de la paille. Pour le sorgho et le coton on retient aussi les hypothèses faite par Schaller (2008) :

- Pour le sorgho 33% de la paille sont récolté, le reste étant Brulé ; ce qui correspond pour l'azote à une exportation de totale (grains et 100% des résidus brulé) alors que pour le phosphore et le et le potassium, elles ne concernent que les graines et un tiers des résidus.

-pour le coton les tiges étant généralement coupé et brulé, Les besoins en N du cotonnier sont donc ceux des graines plus des tiges alors que les besoins en P et K se limitent aux besoins liés à la production des graines.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Pour les cultures secondaires (arachide et niébé), on calcul à partir des exportations totales des graines et des pailles, auxquelles on retranche l'apport d'azote par fixation symbiotique de l'espèce. Selon Bado (2002) un précédant niébé ou arachide équivaut à une application de 25 Kg N ha^{-1} d'engrais minéral pour la culture succédant à la légumineuse.

- exportations en éléments minéraux (kg de N, P et K/ha) des différentes cultures ajoutées *(Bes$_E$Cultha)*

*Si S*Cult *>0, BesE*Cult*ha = BesE*Cult*T * Rdt*Cult*An + BesEP*Cult*T * RdtP*Cult*An * PropResPrélev*

*Sinon BesE*Cult*ha = 0* (4)

Où *: E* = N, P ou K ;

Cult = mil, riz, arachide, niébé, maïs en AC, sorgho en AC, mil en AC ;

PropResPrélev = proportion de résidus prélevé (prélèvement de l'agriculteur et vaine pâture).

- quantités de récoltes grains des cultures.

- Récolte grain (en nombre de sac) de chaque culture ajoutée (*RecG$_{Cultg}$*)

$RecG_{Cultg} = SCultg * RdtG_{Cultg}An/PdsSac_{Cultg}$ (5)

Où *Cultg* = cultures en système conventionnel (maïs, sorgho, mil, riz, arachide) ou cultures en sytème d'AC (maïs, sorgho et mil ; associé au niébé) ; *PdsSac$_{Cultg}$* = poids d'un sac de grain.

-récolte total en grain des cultures (*RecG$_{CultTot}$*)

$RecG_{CultTot} = RecG_{Cultg_{SystConv}} + RecG_{Cultg_{SystAc}}$ (6)

Où :

Cult = maïs, sorgho, mil ou niébé ;

$RecG_{Cultg_{SystConv}}$ = production totale de grain en agriculture conventionnelle ;

$RecG_{Cultg_{SystAc}}$ = production totale de grain en AC.

- Stock de céréales (StockCer)

StockCer = RecGmaisTot + RecGsorghoTot + RecGmilTot (7)

- Quantité de chaque céréale (sorgho, maïs, et mil) consommée par la famille.

La consommation des céréales est déterminée en tenant compte d'un ordre de priorité de consommation issu de nos enquêtes. On considère que le maïs est consommé en priorité, ensuite vient le sorgho puis le mil.

-consommation familiale en maïs *($Cons_{Maïs}$)*

$Cons_{FamMaïs} = MIN (BesCerAnEA ; RecGmaïsTot)$ (8)

Où *BesCerAnEA* = besoin céréalier de la famille pour l'année.

-consommation familiale en sorgho *($Cons_{FamSorgho}$)*

$Cons_{FamSorgho} = Min (BesCerAnEA - Cons_{FamMaïs} ; RecGsorghoTot)$ (9)

-consommation familiale en mil *($Cons_{FamMil}$)*

$Cons_{FamMil} = Min (BesCerAnEA - Cons_{FamMaïs} - Cons_{FamSorgho} ; RecGmilTot$ (10)

-Bilan céréalier(*BilanCer*)

$BilanCer = StockCer – (Cons_{FamSorgho} + Cons_{FamMaïs} + Cons_{FamMil})$ (11)

- récolte de paille et de fane

-récolte de fourrage pour chaque culture (cultures fourragères, cultures secondaires et céréales) pour chaque système culture (système conventionnelle et en système d'AC (*RecP*Cult)

$RecP_{Cult} = S_{Cult} * RdtP_{CultAn} * PropRec_{Cult}$ (12)

Où :

$PropRec_{Cult}$ = proportion de récolte de paille de chaque culture

Cult = céréales en culture conventionnelle (maïs, sorgho, mil, riz,mucuna, arachide et niébé), et cultures en AC (maïs, sorgho et mil ; associé au niébé).

-récolte totale de paille ou fane des cultures (*RecPCultTot)*

$RecP_{CulTot} = RecP_{Cult_{SystConv}} + RecP_{Cult_{AC}}$ (13)

Où :

Cult = maïs, sorgho mil et niébé ;

$RecP_{Cult_{SystConv}}$ = quantité totale de fourrage récoltée sur les parcelles en agriculture conventionnelle ;

$RecP_{Cult_{AC}}$ = quantité totale de fourrage récoltée sur les parcelles en agriculture en AC *;*

- stock de fourrage sur l'exploitation

Le stockage de fourrage se fait d'après les pratiques identifiées au cours des enquêtes selon l'ordre de priorité de stockage suivant : (1) cultures fourragères (mucuna), (2) maïs, (3) riz, (4) cultures secondaires (fane d'arachide et de niébé), (5) sorgho, (6) mil ; La quantité totale de stockage étant limitée par la capacité maximale de stockage de résidus (*StockmaxRdC)* du producteur.

-Stock de fane (en kg) de cultures fourragères (*StockRes$_{Cult}$Frg)*

Si RecPmaisTot + RecPsorghoTot + RecPmilTot + RecPRiz + RecP$_{Cult}$Sec + RecP$_{Cult}$FrgTot < StockmaxRdC, alors StockRes$_{Cult}$Frg = RecP$_{Cult}$FrgTot, Sinon StockRes$_{Cult}$Frg = MAX (0 ; MIN (StockmaxRdC ; RecPCultFrgTot)) (14)

- Stock de pailles (en kg) de maïs (*StockResMais)*

StockResMais = SI RecPmaisTot + RecPsorghoTot + RecPmilTot + RecPRiz + RecPCultSec +RecPBrAss + RecPCultFrgTot < StockmaxRdC, ALORS StockResMais = RecPmaisTot Sinon, StockResMais = MAX (0 ; MIN (StockmaxRdC - StockResCultFrg ; RecPmaisTot)) (15)

-Stock paille de Riz (en kg) (*StockResRiz)*

StockResRiz = SI RecPmaisTot + RecPsorghoTot + RecPmilTot + RecPRiz + RecPCultSec + RecPBrAss + RecPCultFrgTot < StockmaxRdC, ALORS StockResRiz = RecPRiz Sinon, StockResRiz = MAX (0 ; MIN (StockmaxRdC - StockResCultFrg - StockResMais ; RecPRiz)) (16)

-Stock paille (en kg) de cultures secondaires (*StockPCultSec)*

StockResCultSec = Si RecPmaisTot + RecPsorghoTot + RecPmilTot + RecPRiz + RecPCultSec + RecPBrAss + RecPCultFrgTot < StockmaxRdC, ALORS StockResCultSec = RecPCulSec Sinon, StockResCultSec = MAX (0 ; MIN (StockmaxRdC - StockResCultFrg - StockResMais - StockResRiz ; RecPCultSec)) (17)

-Stock de paille (en kg) de sorgho (*StockResSorgho)*

StockResSorgho = SI RecPmaisTot + RecPsorghoTot + RecPmilTot + RecPRiz + RecPCultSec + RecPBrAss + RecPCultFrgTot < StockmaxRdC, ALORS StockResSorgho = RecPsorghoTot Sinon, StockResSorgho = MAX (0 ; MIN (StockmaxRdC - StockResCultFrg - StockResMais - StockResRiz - StockResCultSec ; RecPsorghoTot)) (18)

-stock de paille de mil (en kg) StockResMil

StockResMil = SI RecPmaisTot + RecPsorghoTot + RecPmilTot + RecPRiz + RecPCultSec + RecPBrAss + RecPCultFrgTot < StockmaxRdC, ALORS StockResMil = RecPMilTot Sinon, StockResMil = MAX (0 ; MIN (StockmaxRdC - StockResCultFrg - StockResMais - StockResRiz - StockResCultSec - StockResSorgho ; RecPMilTot)) (19)

Module Ration

Des paramètres donnant la valeur fourragère des pailles ou fanes ont été modifiés ou ajoutés pour prendre en compte les nouvelles cultures prises en considération dans le modèle.

Paramètres ajoutés ou modifiés en module ration

Description du paramètre	Nom du paramètre	unité	Valeu	source
Quantité d'UF/Kg de paille de maïs, de sorgho et de mil = moyenne entre teneur du maïs, du sorgho et du mil	NUF1plleCer	en UF/kg	0,35	Centre-Agro-Entreprise, 2000 ; Rivière,
Quantité d'UF/Kg de paille de riz	NUF1plleRiz	en UF/kg	0,42	Andrieu, et *al.*, 1988
Quantité d'UF/kg de fane de légumineuse (arachide et niébé et mucuna) = moyenne entre teneur du niébé, de l'arachide et du mucuna	NUF1FanLeg	en UF/kg	0,59	Centre-Agro-Entreprise, 2000 ; Babatoundé, 2005
Quantité de MAD/Kg de paille de maïs, du sorgho et du mil = moyenne des teneurs du maïs, du sorgho et du mil	NMAD1plleCer	en g MAD/kg	13	Centre-Agro-Entreprise, 2000
Quantité de MAD/Kg de paille de riz	NMAD1PlleRiz	en g MAD/kg	0	Andrieu et *al.*,1988
Quantité de MAD/kg de fane de légumineuses (arachide, niébé et mucuna) = moyenne des teneurs du niébé,de l'arachide et du mucuna	NMADFanLeg	en g MAD/kg	88	Centre-Agro-Entreprise, 2000 Babatoundé, 2005

Référence

Andrieu J., Demarquilly C., Sauvant D., 1988. Table de la valeur nutritive des aliments p 356-434 *in* Jarrige R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, 476 p.

Babatounde S., 2005. Etude et prédiction de la valeur alimentaire de graminées et de légumineuses fourragères en zone tropicale humide du Bénin. PhD, University of Agronomic Sciences of Gembloux 265p.

Rivière R., 1977. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Jouve, 17, paris. 521pages.

Centre-Agro-Entreprise 2000. Alimentation des animaux d'embouche. Manuel, 52 p.

Les équations relatives aux modifications en module ration sont présentées ci-dessous.

- Offre fourragère de l'exploitation.

- Quantité d'UF et de MAD disponibles dans le stock de fourrages de l'exploitation (l'offre en UF et en MAD de l'exploitation) en SSC (*Offre$_F$EA)*

*Offre$_F$EA = (StockResMais + StockResSorgho + StockResMil) * N$_F$1PlleCer + (StockResRiz * N$_F$1PlleRiz + (StockResCultSec + StockResCultFrg) * N$_F$1FanLeg+ (QTdCach * N$_F$1TdC).* (20)

Où F = UF, MAD ; *TxpertFrg* = taux de perte de fourrage lors de la l'alimentation des animaux.

- Demande fourragère de l'exploitation en SSC

-demande en UF et MAD pour les animaux de chaque lot complémenté en SSC (*$Demand_{FAx}Compl$)*

*$Demand_{FAx}Compl$ = MIN (AxCompl * NUBT1Ax * BesF1AxJ * NjourC ; NUBTAx03 * BesF1AxJ * NjourC)* (21)

Où : *Ax* = bœufs de trait (BdT), bœufs d'élevage (BE) , bœufs d'embouche (Bemb), vache laitière (VL) ou petit ruminant (PR) ;

AxCompl = nombre d'animaux du lot choisi pour être complémenté en SSC ;

F = UF ou MAD ;

NUBT1Ax = nombre d'UBT d'un animal du lot considéré ;

BesF1AxJ = Besoins en UF ou MAD par jour d'un animal du lot considéré ;

NUBTAx03 = nombre d'UBT des animaux du lot considéré au 1er mars ;

NjourC = nombre de jour de la SSC.

-demande en UF et MAD des animaux complémentés sur l'exploitation *($Demand_FAn$)*

$Demand_FEA$ = (22)

-Bilan en UF et en MAD pour le nombre d'animaux choisi pour être complémentés en saison sèche chaude $Bilan_FAn$ où F = MAD, UF

$Bilan_FAn$ = $Offre_FEA$ - $Demand_FAn$ (23)

- Equivalent du déficit fourrager en tourteau de coton, en fane de légumineuse (niébé, arachide et mucuna), et en paille de céréales (maïs, sorgho et mil) lorsque le bilan fourrager (UF et/ou MAD) est négatif.

-quantité de fourrage nécessaire pour combler le déficit fourrager en cas de bilan UF et/ou MAD négatif (*$BesFrgTot_F$*).

$BesFrgTot_F$ = SI $Bilan_FAn$ < 0, ALORS BesFrgTot = -$Bilan_FAn$/ N_F1Frg), Sinon BesFrgTot = 0 (24)

Où :

Frg = tourteau de coton (TdC), paille de maïs, de sorgho ou de mil (plleCer), Fane de légumineuses (FanLeg)

NU_F1Frg = quantité moyenne d'UF ou de MAD contenue dans 1 kg paille de céréales ou de fanes de légumineuses.

-quantité de fourrage effective nécessaire (en kg) pour combler le déficit fourrager de l'exploitation (*BesFrgEfv)*

BesFrgEfv = Max (BesFrgTotUF ; BesFrgTotMAD) (25)

Où *Frg* = TdC, PlleCer, FanLeg

Module Production de FO

La production de FO à partir de fosses compostières localisées sur les champs à l'aide de la paille de céréales omise dans la version antérieur du modèle est maintenant prise en compte.

-La quantité de compost productible sur l'exploitation (*QComp)*

*Si StockmaxComp > 0 alors, QCompAn = Min (QResCultTotComp * TxperteFO ; StockmaxComp* PdsCharFO), Sinon, QCompAn = 0* (26)

Où :

QResCultTotComp = quantité totale de paille destiné à la production de compost ;
TxperteFO = proportion de perte de poids de la biomasse lors du processus de compostage ;
PdsCharFO = poids d'une charrette de FO.
-quantité totale de FO produite sur l'exploitation (*QFOTotAn)*
Cette quantité est ensuite additionnée à la quantité de fumier et de déjection de parc pour déterminer la production totale de FO de l'exploitation
QFOTotAn = QfosseAn +QcompAn + QparcAn (27)

Module fertilisation

Avec l'ajout de la modalité « compost », de nouveaux paramètres correspondant à la teneur en éléments minéraux (NPK) du compost ont été introduites. Des proportions de 0, 25%, de 0, 22% et de 0, 81% respectivement pour l'azote, le phosphore, le potassium sont d'indiquées par Blanchard (2010).
Les équations relatives aux modifications dans ce module sont présentées ci-dessous
-Quantité de N, P, et K minéral (en kg N, P et K/ha) apportée au riz *(QEminriz)*
*QEminriz = QengrMinriz * FEengrMin)* (29)
Où :
E = N, P, K ;
QengrMinriz = quantité d'engrais NPK ou d'urée apporté au riz ;
FEengrMin = fraction de N, P et K contenue dans une unité de NPK ou d'urée.

- Quantité de compost épandue sur les cultures (en kg /ha)

Etant donné que le fumier de fosse est plus riche en éléments minéraux que les déjections de Parc elles-mêmes plus riches en élément que le compost de champs (Blanchard, 2010), on applique le raisonnement selon lequel le producteur apporte d'abord le fumier, ensuite les déjections, puis le compost.
- Quantité de compost épandue (en kg /ha) sur maïs (*QCompmaïs)*
Si Stotmaïs > 0, Alors QCompmais = Min (MaxFOha - Qfumiermais - Qdejmais ; QCompAn / Stotmais) (30)
- Quantité de compost épandue sur coton *(QCompcoton)*
*Si Scoton > 0, alors QCompcoton = Min (MaxFOha - Qfumiercoton - QDejcoton ; (QCompAn - QCompmais * Stotmais) / Scoton), Sinon Qcompcoton = 0* (31)
- Quantité de compost épandue sur sorgho *(QCompsorgho)*
*Si Stotsorgho > 0, alors Qcompsorgho = Min (MaxFOha - Qfumiersorgho- Qdejsorgho ; (QCompAn - QCompmais * Stotmais - QCompcoton * Scoton) /Stotsorgho), Sinon, QCompsorgho = 0 (32)*
Où :
$Stot_{Cult}$ = superficie totale de la culture sur laquelle est appliquée la FO ;
MaxFOha = quantité maximale de FO apporté par hectare de culture par le producteur ;
$Qfumier_{Cult}$ = quantité de fumier épandue (en kg/ha) sur la culture considérée ;
$Qdej_{Cult}$ = quantité de déjection de parc (en kg/ha) épandue sur la culture considérée ;
$QComp_{Cult}$ = quantité de compost (en kg/ha) épandue sur la culture considérée ;
Cult = maïs, coton ou sorgho.
-Quantité totale de FO apportée à chaque culture par hectare (*QFOCultha)*

$QFO_{Cult}ha = Qfumier_{Cult} + QDej_{Cult} + Qcomp_{Cult}$ (33)

Où Cult =, mais, coton, sorgho.

- Quantité de N, P et K organique (en kg N, P et K/ha) apportée à chaque culture ($QEorg_{Cult}$)

$QEorg_{Cult} = Qfumier_{Cult} * F_E fumier + QDejct_{Ctult} *((1-TxFOPR) * F_E Dejctbovin + TxFOPR * F_E DejctPR) + Qcomp_{Cult} * F_E comp$ (34)

Où :

Cult = coton, mais, sorgho ;

E = N, P, K ;

TxFOPR = part de FO produite par les déjections de petits ruminants dans la quantité totale de déjection de parc ;

F_E = fraction de N, P et K dans chaque type de FO (fumier, compost, déjection de bovins ou déjection de petits ruminants).

- Bilan minéraux (en kg N, P, K/ha) des cultures ajoutées.

-Bilan N, P, K sur le riz (*BilanEriz).*

BilanEriz = QEminriz - BesErizha (35)

Où : *QEminriz* = quantité d'éléments minéraux apporté au riz ; BesErizha = exportations (en kg/ha) d'éléments minéraux du riz.

-Bilan N, P, K du mil (*BilanEmil)*

Cette culture n'étant pas fertilisée les bilans minéraux sont par définition négatifs

BilanEmil = - BesEmilha où E = N, P, K (36)

-Bilan N, P et K pour les cultures secondaires (BilanEcult)

Ces culture n'étant pas aussi fertilisées, Si E = P, ou K, BilanEcult = - BesEcultha, Sinon Si E = N alors BilanEcult = QNapportLeg - BesEcultha (37)

Où *Cult* = légumineuses (arachide, niébé) ; QNapportLeg = quantité d'azote apporté au sol par la légumineuse.

-bilan N, P, et K pour les cultures en AC, (*BilanECultAC)*

Si E = P, ou K BilanECultAC = QEminCultAC- BesECultAC Sinon Si E = N, BilanECult = QEminCultAC + QNapportLeg - BesECultAC (38)

Où *Cult* = maïs, mil ou sorgho

-Bilan azoté total sur l'ensemble des cultures céréalières *(BilanNtot)*

BilanNtot = (*SCer * BilanNCer)* (39)

Où *SCer* = superficie de maïs, mil, sorgho en agriculture conventionnelle et en AC ; *BilanNCer* = bilan azoté par hectare de maïs, de sorgho, et de mil en agriculture conventionnelle et en AC.

-Equivalent du bilan azoté en nombre de sac d'engrais urée *(EqBilanNsac)*

*EqBilanNsac = BilanNtot/PdsSacEngr * FNUree* (40)

Où : PdsSacengrMin = poids d'un sac d'engrais minérale *;* $F_N Uree$ = fraction en azote de du sac d'urée.

Référence

Blanchard M., 2010. Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes de coton-céréales-élevage au Mali sud. Savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration

agriculture élevage. Thèse de doctorat, Université Paris-Est, Creteil Val de Marne, France, 301 p.

Module économie

Des paramètres relatifs au prix de vente du sac (grain) des cultures ajoutées sont présentés ci-dessous. Les prix considérés sont des moyennes entre les prix de vente pour chaque période de l'année (H, F, C).

Paramètres sur les prix de vente.

Description du paramètre	nom	Unité	valeur
Prix de vente d'un sac de mil	prixventemil	Sac (100 kg)	14000
Prix de vente d'un sac de riz	prixventeriz	Sac (100 kg)	15000
Prix de vente d'un sac de sorgho	prixventesorgho	Sac (100 kg)	14000
Prix de vente d'un sac de d'arachide	prixventArach	Sac (100 kg)	12000
Prix de vente niébé	prixventeNiébé	Sac (100 kg)	24000

Les équations les relatives aux différentes modifications de ce module sont les suivantes :

- Quantité de chaque culture effectivement mise en réserve

Pour tenir compte de la capacité de l'exploitation à satisfaire ses besoins sociaux (besoins d'entretien des liens sociaux, besoins pour les cérémonies coutumières) et déterminer les quantités de chaque culture effectivement vendue, de nouvelles entrées permettent à l'utilisateur de préciser les quantités de chaque culture mises en réserve en plus de celles consommées. A l'aide de cette entré, le modèle calcule la quantité effectivement mise en réserve.

-quantité de chaque céréale effectivement (excepté Riz) mise en réserve (*QReservEfvCer)*
Soit QReservCer la quantité de céréale déclaré être mise en réserve

$QReservEfvCer = Min\ (RecGCerTot - ConsoCer\ ;\ QReservCer)$ (41)

Où *Cer* = maïs, mil, sorgho,

-quantité de riz et cultures secondaires (niébé, arachide) effectivement mise en réserve (*QResevCult)*

$QResevCult = Min\ (RecGCultTot\ ;\ QReservCult)$ (42)

Où cult = riz ou Cultures Secondaires

- Quantité de chaque culture vendue

-quantité de chaque céréale (excepté riz) vendue *(QVentCer)* où Cer = maïs, sorgho,

$QVentCer = RecGCerTot - ConsoCer - QresevCer$ (43)

-quantité de riz et de cultures secondaires (niébé, arachide) vendue (*QVentCult)*

$QVentCult = RecCultTot - QresevCult$ (44)

Où *Cult* = riz ou cultures secondaires

-Produit brut lié aux cultures (*PBCult)*

$PBCult = \sum (QVentCult * PrixventCult)$ (45)

Où *Cult* = coton, céréales, cultures secondaires

Nouveau module : module travail

Les paramètres utilisés pour le calcul des charges de travail correspondant aux temps de travaux (en homme - jour) d'opérations élémentaires où d'un ensemble d'opérations. Ces valeurs sont présentées dans le tableau des paramètres ci-dessous.

Les producteurs attelés effectuent généralement sur le coton, le maïs, le mil, de façon concomitante un sarclage mécanique et un désherbage manuel (démariage). Ces deux opérations ont été estimées à travers un seul paramètre (*TpsDeshAtt*). Lorsque le producteur ne possède pas de BdT ou associe les céréales (maïs, sorgho, mil) avec le niébé, le désherbage est généralement effectué manuellement en deux passage. Le temps de travail relatifs au désherbage manuel est donné par le paramètre temps de désherbage manuel (*TpsdeshMan*)

Rapport-Gratuit.com

Paramètre du module travail

Description du paramètre		Nom du paramètre	Unité	Valeur du paramètre	Source
Charge de travail de nettoyage	charge de travail pour nettoyage coton	TpsNettCot	Hj/ha	5	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour nettoyage céréales (sorgho, mil et maïs)	TpsNettCer	Hj/ha	1,5	Par enquête à Koumbia
Charge de travail semis	Charge de travail pour semis coton	TpsSemCoton	Hj/ha	8	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour semis céréales (maïs, mil, sorgho)	TpsSemCer	Hj/ha	7	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour semis riz	TpSemRiz	Hj/ha	42	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour semis niébé	TpSemNiebe	Hj/ha	7	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour semis arachide	TpSemArach	Hj/ha	19	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour semis culture fourragère (mucuna)	TpSemFrg	Hj/ha	7	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour semis de niébé en culture associée	TpSemNiebeAss	Hj/ha	4	Par enquête à Koumbia
Charge de travail récolte	Charge de travail pour récolte mil	TpsRecMil	Hj/ha	16	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte coton	TpsRecCot	Hj/ha	66	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte maïs	TpsRecMaïs	Hj/ha	19	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte sorgho	TpsRecSorgho	Hj/ha	17	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte riz (récolte et battage)	TpsRecRiz	Hj/ha	33	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte niébé en culture pure	TpsRecGNiebe	Hj/ha	32	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte niébé en culture associé	TpsRecGNiebeAss	Hj/ha	16	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte gousse arachide (arrachage et égoussage)	TpsRecGArach	Hj/ha	32	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail pour récolte fane de culture fourragère (mucuna)	TpsRecCultFrg	Hj/ha	6	Par enquête à Koumbia
	Charge de travail de récolte fane de niébé associé	TpsRecFanniebeAss	Hj/ha	4	Par enquête à Koumbia
Charge de travail de désherbage, de travail attelé, d'application de pesticide et fertilisation minérale	Charge de désherbage attelé	TpsDeshAtt	Hj/ha	15	Par enquête à Koumbia
	Charge de désherbage manuel (céréales et coton)	TpsDeshMan	Hj/ha	15	Par enquête à Koumbia
	Charge de désherbage manuel riz	TpsDeshRiz	Hj/ha	60	Par enquête à Koumbia
	Charge de désherbage manuel du niébé	TpsDeshNiebe	Hj/ha	13	Par enquête à Koumbia
	Charge de désherbage manuel de l'arachide	TpsDeshArach	Hj/ha	27	Par enquête à Koumbia
	Charge de désherbage manuel des cultures fourragères (mucuna)	TpsDeshFrg	Hj/ha	10	Par enquête à Koumbia

	Charge de fertilisation minérale (coton, maïs,)	TpsFert	Hj/ha	2	Par enquête à Koumbia
	Charge de fertilisation riz	Tpsfertriz	Hj/ha	1	Par enquête à Koumbia
	Charge de traitement herbicide	TpsHerb	Hj/ha	0,5	Par enquête à Koumbia
	Charge de traitement insecticide	TpsInsect	Hj/ha	0,5	Par enquête à Koumbia
	Nombre de traitement insecticide du coton transgenique	NTraitCotonBt	Hj/ha	2	
	Nombre de traitement insecticide du coton conventionnel	NTraitCotonConv	Hj/ha	6	
	Charge de Labour	TpsLabour	Hj/ha	6	Par enquête à Koumbia
	Charge de scarifiage	TpsScar	Hj/ha	2	Par enquête à Koumbia
	Charge de buttage	TpsButt	Hj/ha	4	Par enquête à Koumbia
	Charge de billonnage	TpsBill	Hj/ha	4	Par enquête à Koumbia
Charge production FO	Charge épandage de 10 charrettes (≈ 2 t) de FO sur une parcelle	$TpsEpand_{2T}FO$	Hj/ha	2	Par enquête à Koumbia
	Charge de production d'un tonne de compost	TpsProd1TComp	Hj/ha	55,5	Par enquête à Koumbia
	Charge de production d'un tonne de fumier	TpsProd1Tfum	Hj/ha	19,6	Par enquête à Koumbia
	Nombre de charrette de déjection qu'un actif peu mettre en tas par jour	NCharTasDejectJr		12	Par enquête à Koumbia
	Nombre de charrette de paille qu'un actif peu ramassé par jour	NCharPlleRecJour		2	Par enquête à Koumbia
Nombre personnes nécessaire pour le transport d'une charrette (de grains, de paille et FO)	Nombre de personne nécessaire le transport d'une charrette de grain (maïs, sorgho, mil, riz arachide, niébé)	NPersTrpCharGr		2	Par enquête à Koumbia
	Nombre de personne nécessaire pour le transport d'une charrette de coton	NPersTrpCharCoton		4	Par enquête à Koumbia
	Nombre de personne nécessaire pour le transport d'une charrette de paille et de fane	NPersTrpCharPlle		2	Par enquête à Koumbia
	Nombre de personne nécessaire le transport d'une charrette de FO	NPersTrpCharFO		2	Par enquête à Koumbia
Nombre de charrette de grain ou de FO pouvant être transporté par jour	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 1 km	NCharGrFOJr1		4	Par enquête à Koumbia
	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 3 km	NCharGrFOJr3		3	Par enquête à Koumbia
	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 7 km	NCharGrFOJr7		2	Par enquête à Koumbia
	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 11 km	NCharGrFOJr11		1	Par enquête à Koumbia
Nombre de charrette de fourrage (paille et fane) pouvant être transporté par jour	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 1 km	NChplleJr1		2	Par enquête à Koumbia
	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 3 km	NChPllrJr3		2	Par enquête à Koumbia
	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 7 km	NChPlleJr7		2	Par enquête à Koumbia
	Cas ou distance moyenne champs-concession est égale à 11 km	NChPlleJr11		1	Par enquête à Koumbia

Les équations du module charge de travail sont les suivantes :

Ce module présente un sous module « gestion des systèmes de culture et un sous module « gestion du système d'élevage et de la production de FO ». Dans le sous module gestion des systèmes de culture, on distingue la gestion en agriculture conventionnelle et celles en agriculture de conservation.

Concernant les systèmes de cultures, l'utilisateur précise en entrée, les superficies qu'il labour ou scarifie, les superficies qu'il traite avec des herbicides avant la préparation du sol et/ou après la mise en place des cultures et indique également le type de désherbage mécanique effectué (manuel ou attelé). Pour le coton il précise aussi la superficie de coton transgénique (coton Bt) : culture qui ne reçoit que deux traitements insecticides comparativement aux six traitements du coton conventionnel. A partir de ces indications et des contraintes de gestion imposées aux parcelles en AC (pas de possibilité de labour, pas de sarclage mécanique ni de buttage), les temps de travaux (en homme -jour/ha) relatifs aux différentes opérations sont pris en compte pour calculer les charges de travaux durant l'hivernage sur chaque système de culture (agriculture conventionnelle et AC).

- Charge de travail nécessaire pour les cultures en agriculture conventionnelle (AgrConv) en période d'hivernage

Les charges de travaux du système de culture en hivernage (mai - octobre) correspondent aux charges des travaux de nettoyage des parcelles, de préparation du sol, de semis, de traitement herbicide, de désherbage, de fertilisation et de traitement insecticide ; ces opérations n'étant pas réalisées de manière exhaustive sur toutes les cultures.

-charge de travail de nettoyage des parcelles (*CTHNett*)

$$CTHNett = SCult * TpsNettCult \quad (46)$$

Où : Cult = maïs, mil, sorgho, coton

-charge de travail de semis (*TpsSem*)

$$CTHSem = (SCult * TpsSemCult) \quad (47)$$

Cult =, coton, maïs, mil, sorgho, riz, arachide, niébé ou mucuna

-charge de travail pour la préparation du sol (*CTHPrepaSol*)

$$CTHPrepaSol = Stot_{Wsol} * Tps_{Wsol}) \quad (48)$$

Où *Wsol* = labour, billonnage ou scarifiage ; $Stot_{Wsol}$ = surface totale de sol préparé par billonnage, labour, ou scarifiage.

-charge de travail pour le désherbage du coton et du maïs (*CTHDeshCult*)

Si DeshAtt = oui, alors CTHDeshCult = (*SCult * TpsDeshAtt) + SCult * TpsButt)* Sinon, *CTHDeshCult=* SCult * T*psDeshMan* * 2) (49)

Où Cult= coton ou maïs

NB : lorsque le coton et les céréales sont désherbés manuellement (uniquement à la daba) les producteurs réalisent deux passages.

-charge de désherbage pour le sorgho et le mil *(CTHDeshCult)*

*Si AssCult = oui, alors CTHDeshCult = SCult * TpsDeshMan* * 2) Sinon, *Si DeshAtt = oui CTHDeshCult= SCult * TpsDeshAtt) + (SCult * TpsButt) Sinon, CTHDeshCult = SCult * TpsDeshMan* * 2*)* (50)

Où Cult = sorgho et mil

-Charge de Désherbage pour le riz, l'arachide, le niébé et le mucuna *(CTHDeshCult)*

*CTHDeshCult = SCult * TpsDeshManCult)* (51)

Où Cult = riz, arachide et mucuna

-charge de désherbage total en agriculture (*CTHDeshTot*)

CTHDeshTot = CTHDeshCult (52)

-charge de travail de fertilisation (*CTHfert*)

*CTHfert = (SCult * TpsfertCult)* (53)

Où Cult = coton, maïs, sorgho et riz

-charge de travail de traitement d'herbicide (*CTHherb*)

*CTHherb = (StotHerbtot + StotHerbselec) * TpsHerb* (54)

-charge de travail de traitement insecticide (*CTHInsect*)

CTHInsect = Scot*onBt * TpsInsect * NTraitCotonB*t + *TpsInsect * (Scoton- ScotonBt) * NTraitCotonConv + Sniebe * TpsInsect* (55)

Où :

ScotonBt = superficie de coton transgenique (*Bt*) ;

NTrait = nombre de traitement (coton Bt ou conventionnelle).

-Charge travail total en agriculture conventionnelle en Hivernage ($CTtot_{SystConv}H$)

$CTtot_{SystConv}H = CTHNett + CTHSem + CTHDeshTot + CTHfert + CTHherb$ (56)

- Charge de travail nécessaire pour les cultures en AC de en période d'hivernage

Les cultures en AC sont mises en place par semis direct ou après scarifiage du sol (pas de possibilité de labour). De plus sur ces parcelles il n'ya pas de possibilité de sarclage mécanique ni de buttage.

Les équations des charges de travaux sont à quelques exceptions près les mêmes qu'en agriculture conventionnelle :

-le temps de semis est égal à la somme des temps de semis de la culture principale et de la culture et du niébé associé ;

- l'unique modalité de préparation du sol considéré le Scarifiage.

-les parcelles étant en cultures associées, que le producteur dispose d'outils d'attelage ou pas le désherbage est effectué manuellement.

- charge de travail total nécessaire sur le système de culture en hivernage ($CTnecc_{systCult}H$)

$CTnecc_{systCult}H = CTtot_{SystConv}H + CTtot_{SystAC}H$

- Charge de travail en agriculture conventionnelle et en AC en période de saison sèche froide.

En sèche froide (novembre-février) on considère que les charges de travaux correspondent aux opérations de récolte grains, de récolte paille, de récolte fourrage, de transport des récoltes et paille des champs vers la concession.

L'utilisateur doit préciser aussi en entrée la distance des champs à la concession ; variable nécessaire pour le calcul des temps de travaux relatifs au transport des récoltes, du fourrage et de la FO. La distance est choisie parmi les valeurs : 1 km, 3 km, 7 km, 11 km. Ces valeurs sont représentatives des distances moyennes des champs calculées à partir de nos données d'enquête pour les trois groupes ethniques rencontrés à Koumbia (≤ 1 km pour les Peuls, environ 3 km pour les Bwaba, 7 à 11 km pour les Mossi).

-Quantité de chaque élément pouvant être transporté par jour *(QelemTranspJr)*

*QelemTranspJr = NCharElemJr * CapMoyTranspChar* (58)

Où :

Elem = grain, résidus de cultures (paille ou fourrage) ou FO ;

NCharElemJr : nombre de charrette de chaque élément pouvant être transporté par jour en fonction de la distance des parcelles ;

CapMoyTranspChar = capacité moyenne d'une charrette petit plateau (exprimé en kg ou nombre de sac).

-charge de travail de récolte des grains du niébé associé au mil et/ou au sorgho en agriculture conventionnelle (*CTFRecGrNiebAss)*

*Si AssCult = oui, CTFRecGniebeAss = SCult * TpsRecGniebeAss Sinon, CTFRecGniebeAss = 0* (59)

Où Cult = mil ou sorgho

-charge de travail de récolte des grains total en conventionnelle ($CTFRecGrTot_{SystConv}$)

$CTFRecGrTot_{SystConv} = (SCult * TpsRecGCult) + CTFRecGniebeAss$ (60)

Où Cult = coton, mil, sorgho, arachide, riz, niébé en culture pure, niébé fourrager

-charge de travail de récolte fane de niébé associé au sorgho ou au mil en conventionnelle (CTFRecFanNiebeAss)

*Si AssCult = oui, CTFRecNieFanbeAss = SCult * TpsRecFniebeAss*PropRecNiebeAssConv, Sinon, CTFRecFanNieAss = 0 (61)*

Où :

Cult = mil ou sorgho ;

AssCult = variable qualitative exprimant le faite que ses cultures sont associé ou non en agriculture conventionnelle ;

PropRecNiebeAssConv = proportion de récolte de fane de niébé associé en culture conventionnelle.

-charge de travail de récolte totale de paille et fane en conventionnelle *(CTFFrgTot$_{SystConv}$)*

*CTFFrgTot$_{SystConv}$ = CTFRecFanNiebeAss + SCult * TpsRecFrg * propRecFanCult) + StockResCerConv/ NCharPlleRecJr* (62)

Où Cult = niébé en culture pure, ou niébé fourrager ; *StockResCerConv* = stock de résidus de céréale effectué en agriculture conventionnelle)

-charge de travail de récolte total grain en AC *(CTFRecGrTot$_{systAC}$)*

*CTFRecGrTot$_{sytsAC}$ = SCult * (TpsRecGCult + TpsRecGniebeAss))* (63)

Où Cult = maïsAC, sorghoAC, milAC

-charge de travail de récolte total paille en AC (CTFRecFrgTot$_{systAC}$)

*CTFRecFrgTot$_{systAC}$ = (SCult * TpsRecFniebeAss) + StockResCerTot - StockResCerConv)/ NCharPlleRecJour* (64)

Où Cult = maïsAC, sorghoAC, milAC ; StockResCerTot = stock total de résidus de maïs, de mil ou de sorgho

-charge de transport des grains et fourrage Stockés sur l'exploitation *(CTFTransptot)*

*CTTransportTot = RecGCultTot / QCultTranspJr * NPersTrpCharCult) + StockResTot/ QResTranspJr * NPersTrpCharRes*

Où:

RecGCultTot = production totale de grain de chaque culture (coton, céréales, ou cultures secondaires);

StockResTot = Stock totale de fourrage de l'exploitation ;

QResTranspJr = quantité totale de fourrage pouvant être transporté par jour en fonction de la distance des parcelles;

QCultTranspJr = quantité totale de grain de la culture pouvant être transporté par jour en fonction de la distance des parcelles ;

NPersTrpChar = nombre de personne nécessaire au transport d'une charrette de grain ou de résidus de culture.

-charge de travail total nécessaire sur le système de culture en saison sèche froide (*CTnecc$_{SystCult}$F*)

CTnecc$_{SystCult}$F = CTFRecGrTot$_{SystConv}$ + CTFFrgTot$_{SystConv}$ + CTFRecGrTot$_{sytsAC}$ + CTFRecFrgTot$_{systAC}$ + CTTransportTot

- Charge de travail en saison sèche chaude sur le système de culture.

On considère que les charges de travaux du système de culture en SSC sont constituées du transport et de l'épandage de la FO. Les fosses fumières et les parcs d'animaux étant localisés à proximité des concessions ou des champs. On indique donc en entrée la localisation des fosses fumières et des parcs pour que le modèle prenne en compte ou non les temps transport de la FO vers les champs. Les fosses compostières étant généralement localisé au champ il n'ya pas de charge de transport lié au compost. Aussi On fait l'hypothèse que les parcelles en AC étant recouvertes de pailles, il n'ya pas d'apport de FO sur ces parcelles. Ces charges de travaux ne concernent donc que les parcelles en agriculture conventionnelle

-charge de transport de la FO vers les champs *(CTtranspFO)*

Soit m la modalité de production de fumure FO avec m = Fosse si FO = Fumier, Parc si FO = déjection de parc

*Si mChamp = oui, alors CTtranspFO = 0 Sinon CTtranspFO = QFOAn/NCharFOTransprJr$_k$ * NPersTrpCharFO*

Où :

mChamp = variable qualitative qui traduit le faite que la fosse ou le parc est situé au champs ou à la concession ;

QFOAn = production totale de FO ;

NCharFOTransprJr = nombre de charrette de FO pouvant être transportée par jour en fonction de la distance des parcelles ;

NPersTrpCharFO = nombre de personne nécessaire au transport d'une charrette de FO.

-charge de travail liée à l'épandage de la fumure organique sur les parcelles *(CTEpandFO).*

*CTEpandFO = QFOtot * TpsEpand$_{2T}$FO/2000*

Où : *QFOtot* = quantité totale de FO organique produite sur l'exploitation (fumier + déjection de parc + compost) ; *TpsEpand$_{2T}$FO* = temps de travail nécessaire pour épandre 2 tonnes de FO.

-Charge de travail total nécessaire sur le système de culture en saison sèche chaude (*CTnecc$_{systCult}$C)*

CTnecc$_{systCult}$C = CTtranspFO + CTEpandFO

- Charge de travail nécessaire sur le système d'élevage à chaque saison (*CT$_{systelevi}$)*

On fait l'hypothèse que les charges de travaux pour les animaux pendant une période est égale au nombre de jour de cette période multiplié par le nombre d'actifs s'occupant des animaux.

Si $N_{Axd} > 0$, alors $CT_{systelevi} = Nberg_i * Njour_i$ sinon, $CT_{systelevi} = 0$

Où :

d = 1er mai si i = H, 1er novembre si i = F, 1er mars si i = C ;

i =Hivernage (H), Saison sèche froide (F) ou Saison sèche chaude (C) ;

N_{Axd} = le nombre de bovins de l'exploitation en début de chaque saison;

$Nberg_i$ = nombre de bergers affecté aux animaux pour chaque période.

$Njour_i$ = nombre de jour de la période.

- Charge de travail sur le système de production de FO

Elle se compose des charges de travaux liées à la production de compost, de fumier, de déjection de parc. A partir de la base de données du projet Fertipartenaire (UE, 2008-2012) nous avons pu estimer le nombre d'homme-jour nécessaire à la production d'une tonne de fumier et de compost (les opérations prises en compte sont le hachage de la paille, le remplissage de la fosse, le retournement de FO, l'arrosage et le vidange). Pour la production de déjection de parc, le ramassage (mise en tas) des déjections est considéré comme la seule opération. Pour le fumier le travail lié au ramassage des pailles est déjà prise en compte en module culture, car ce sont les refus de fourrage qui sont destinés à la production de fumier.

-charge de travail de ramassage paille pour la production de compost (*CTRecPlleComp*)

$$CTRecPlleComp = QResCultTotComp / NCharPlleRecJr$$

Où :

QResCultTotComp = quantité totale de paille destiné à la production de compost ;

NCharPlleRecJr = nombre de charrette de paille qu'un actif peut ramasser par jour.

-Charge travail liée à la production d'une tonne de fumier ou de compost *(CTProdFO).*

$$CTProdFO = QFOAn * TpsProd1TFO \quad (74)$$

Où *TpsProd1TFO* = charge de travail pour la production d'un tonne compost ou de fumier ;

-charge de travail liée à la production de déjection de parc (*CTProDejct)*

$$CTProDejct = QDejctAn/NCharDejctJr \quad (75)$$

Où :

QDejctAn = quantité de déjection de parc produite sur l'exploitation ;

NCharTasDejctJr = nombre charrette de déjection de parc pouvant être mise en tas par un actif par jour.

-charge de travail total nécessaire à la FO ($CTnecc_{FOTot}$)

$$CTnecc_{FOTot} = CTProdFum + CTProdComp + CTProDejct \quad (76)$$

- Travail disponible

-travail disponible sur l'ensemble de l'exploitation sur l'année (*TrvDispEA)*

$$TrvDispEA = NAct_i * (NJour_i - NJrReposActif * NmoisAn) \quad (77)$$

Où :

$NAct_i$ = le nombre d'actifs sur l'exploitation pour chaque période ;

$NJour_i$ = nombre de jour de la période ;

NJrReposActif = nombre de jour de repos d'un actif par mois *;*

NmoisAn = nombre de mois de l'année

-travail disponible sur le système de culture à chaque période *($TrvDisp_{SystCulti}$)*

$TrvDisp_{SystCulti} = (NAct_i - NBerg_i) * (NJour_i - NJrReposActif * Nmois_i)$ (78)

$Nmois_i$ = nombre de mois de chaque saison

- Bilan travail

-Bilan travail à chaque saison sur le système de culture *($BilanTrv_{SystCulti}$)*

$BilanTrv_{SystCulti} = TrvDisp_{SystCulti} - CTnecc_{SystCulti}$ (79)

Où : $CTnecc_{SystCulti}$ = charge de travail sur le système de culture à chaque période.

-Nombre d'actif nécessaire pour équilibrer le bilan travail sur le système de culture pour chaque période en cas de bilan travail négative *($NactEq_{SystCulti}$)*

Si $BilanTrv_{SystCulti} < 0$ *alors,* $NactEq_{SystCulti} = -BilanTrv_{SystCulti}/(NJour_i - NJrReposActif * Nmois_i)$ (80)

-bilan travail Total par an sur l'exploitation BilanTotAn

$BilanTotAn = TrvDispEA - CTnecc_{SystElevi} - CTnecc_{SystCulti} - CTnecc_{FOTot}$ (81)

Annexe 4: Caractéristiques de structure et de fonctionnement des 4 types d'exploitations pour la situation initiale et pour le scénario de d'AC

I. Scenario initial.

1. Données d'hivernage

	Module ressource	**Type 1**	**type 2**	**Type 3**	**Type 4**
Famille	Nombre de bouches à nourrir	18	12	5	14
	Nombre d'actifs en hivernage	9	6	2	8
	Nombre d'actifs en saison sèche froide	9	6	2	8
	Nombre d'actifs en saison sèche chaude	9	6	2	8
Equipement	Nombre de charrues	2	1	0	1
	Nombre de l'IR12	1	0	0	0
	Capacité maximale de stockage de la fumure organique dans une fosse fumière (en charrette)	24	10	0	30
	capacité de maximale de stockage de la FO dans une fosse compostière (en charrette)	10	0	0	0
	Capacité maximale de stockage des résidus de culture (en charrette)	20	20	5	35
Parcellaire	Surface cultivée (en ha)	14,5	7,5	2,5	4

	Module culture	**Type 1**	**Type 2**	**Type 3**	**Type 4**
	Nombre d'hectare de maïs	5	3	0	2,5
	Nombre d'hectare de sorgho	0,5	1	1	1
	Nombre d'hectare de mil	0	0,5	0,5	0
	Nombre d'hectare de riz	0,5	0	0	0
	Nombre d'hectare de d'arachide	0, 25	0,5	0 ,5	0
	Nombre d'hectare de niébé	0,25	0,5	0,5	0
	Nombre d'hectare de cultures fourragères	0	0	0	0,5

Module élevage		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Effectif au début de l'hivernage	Nombre de bœufs de trait au début de l'hivernage	5	4	0	4
	Nombre de bovins d'élevage au début de l'hivernage (sans BdT et d'embouche)	8	0	0	50
	Nombre de vaches laitières mises à la reproduction au début de l'hivernage parmi les bovins d'élevage	0	0	0	Non précisé
	Nombre de petits ruminants au début de l'hivernage	7	13	5	20
	Nombre de bovins d'embouche au début de l'hivernage	0	0	0	1
Achats pendant l'hivernage	Nombre de bœufs de trait acheté	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'élevage acheté	0	0	0	0
	Nombre de vaches laitières acheté	0	0	0	0
	Nombre de petits ruminants acheté	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'embouche acheté	0	0	0	4
vente pendant l'hivernage	Nombre de bœufs de trait vendu	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'élevage vendu	0	0	0	2
	Nombre de vaches laitières vendu	0	0	0	0
	Nombre de petits ruminants vendu	0	2	3	3
	Nombre de bovins d'embouche vendu	0	0	0	0

	Module FO	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
En hivernage	Devenir des déjections des bœufs de trait	Fosse	Fosse	néant	Parc
	Devenir des déjections des bovins d'élevage	Parc		néant	Parc
	Devenir des déjections des petits ruminants	Fosse	Parc	néant	Néant
	Devenir des déjections des bovins d'embouche	Néant		néant	Fosse

	Module fertilisation	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
NPK (en kg)	Quantité de NPK épandue /ha de coton (kg)	*150*	*100*	0	0
	Quantité de NPK épandue /ha de maïs (kg)	*150*	*100*	0	100
	Quantité de NPK épandue /ha de sorgho (kg)	*0*	*0*	0	0
	Quantité de NPK épandue /ha de riz (kg)	*200*	*0*	0	0
Urée (en kg)	Quantité d'urée épandue /ha de coton (kg)	*50*	*50*	0	0
	Quantité d'urée épandue /ha de maïs (kg)	*50*	*50*	0	50
	Quantité d'urée épandue /ha de sorgho (kg)	*0*	*0*	0	0
	Quantité d'urée épandue /ha de riz (kg)	*0*	*0*	0	0
	Quantité maximale de FO épandue par ha (kg)	*4000*	*4000*	2000	0

Module travail	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
distance moyenne des parcelles (km)	3	7	3	1
superficie totale labourée (ha)	0,5	0,5	0	0
surface totale billonnée (ha)	13	7	0	4
surface totale scarifiée (ha)	1	0	0	0
surface coton transgénique (ha)	8	0	0	0
surface total désherbée chimiquement avant préparation du sol (ha)	13,5	5	2,5	4
surface total désherbée avec herbicide après la mise place (ha) des cultures	13,5	5	0	2,5
sorgho fertilisé?	non	non	non	non
désherbage attelée?	oui	oui	non	oui
nombre de berger en hivernage	*1*	*1*	*0*	*2*
nombre de berger en saison sèche froide	*1*	*1*	*0*	*2*
nombre de berger en saison sèche chaude	*1*	*1*	*0*	*2*
fosses fumière localisé au champ?	non	non	Non	Non
parc localisé au champ?	oui	non	Non	Non

Document Gratuit.com

	Module économie	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Dépenses liées aux cultures	Nombre de litres d'herbicide total achetés	20	5	2	4
	Nombre de litres d'herbicide coton achetés	24	6	0	0
	Nombre de sachets d'herbicide coton achetés	0	0	0	0
	Nombre de litres d'herbicide maïs achetés	0	0	0	0
	Nombre de sachets d'herbicide maïs achetés	18	9	0	10
	Nombre de traitements insecticides 1er type achetés (Fcfa)	0	4	0	0
	Nombre de traitements d'insecticides 2ème type achetés	8	4	0	0
	Nombre traitements d'insecticides 3ème type achetés	8	4	0	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Coton (Fcfa)	216000	5260	0	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Maïs (Fcfa)	0	0	0	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Sorgho et de mil et de riz (Fcfa)	0	0	0	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Cultures Secondaires (Fcfa)	0	0	0	0
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat et au traitement des semences de Cultures fourragères (Fcfa)	0	0	0	0

2. Données de saison sèche froide et de saison sèche chaude

Module culture			Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Agriculture conventionnelle	Maïs	Proportion de résidus récoltés pour compost (en %)	0	0	0	12
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	12	12	0	0
	sorgho	Proportion de résidus récoltés pour compost (en %)	0	0	0	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	0	15	0	0
	mil	Proportion de résidus récoltés pour compost (en %)	0	0	0	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	0	25	0	0
	riz	Proportion de résidus récoltés pour compost (en %)	0	0	0	0
		Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	0	0	0	0
	arachide	Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	0	25	0	0
	niébé	Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	0	0	0	0
	Culture fourragère	Proportion de résidus récoltés pour fourrage/fumier (en %)	0	0	0	0

Module Ration	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Nb de bœufs d'élevage recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	0	0	0	1
Nb de bœufs de trait recevant une complémentation	5	4	0	4

de leur ration en saison sèche chaude				
Nb de bœufs d'embouche recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	0	0	0	2
Nb de vaches laitières recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	0	0	0	4
Nb de petits ruminants recevant une complémentation de leur ration en saison sèche chaude	0	0	0	0
quantité de tourteau acheté (en kg)	50	0	0	0

	Module FO				
Saison sèche froide	Devenir des déjections des bœufs de trait	Fosse	Parc	Néant	Parc
	Devenir des déjections des bovins d'élevage	Parc	Néant	Néant	Parc
	Devenir des déjections des petits ruminants	Fosse	Parc	parc	Néant
	Devenir des déjections des bovins d'embouche	Néant	Néant	Néant	Fosse
Saison sèche chaude	Devenir des déjections des bœufs de trait	fosse	Fosse	Néant	Fosse
	Devenir des déjections des bovins d'élevage	Parc	Néant	Néant	Fosse
	Devenir des déjections des petits ruminants	fosse	Parc	Parc	néant
	Devenir des déjections des bovins d'embouche	néant	néant	Néant	Fosse

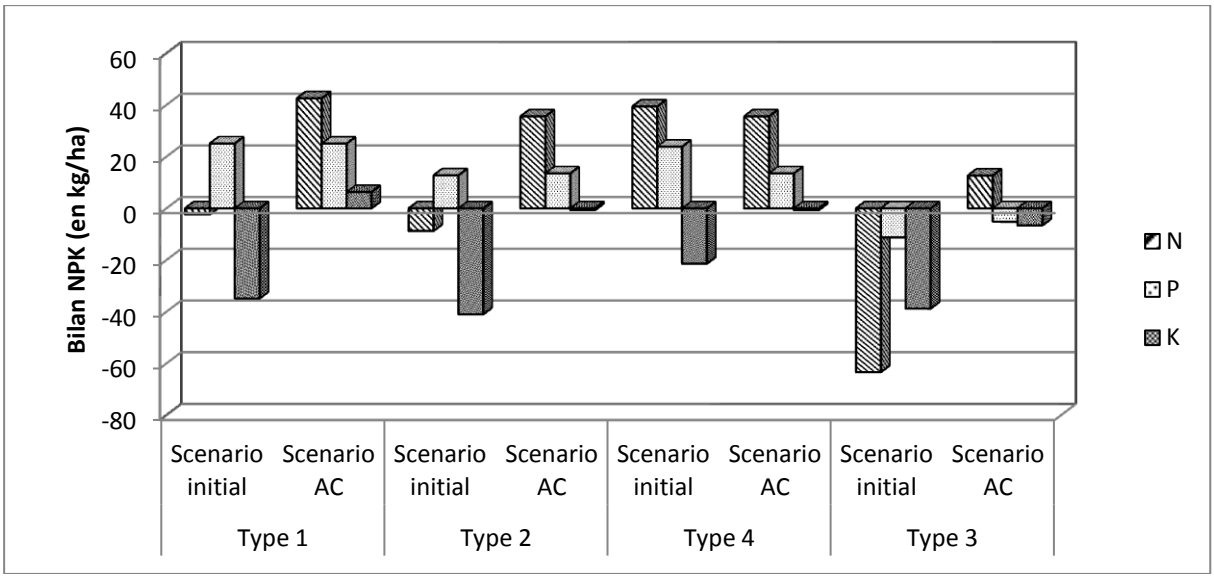
	Module élevage	**Type 1**	**Type 2**	**Type 3**	**Type 4**
achat pendant SSF	Nombre de bœufs de trait achetés	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'élevage achetés	0	0	0	0
	Nombre de vaches laitières achetées	0	0	0	0
	Nombre de petits ruminants achetés	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'embouche achetés	0	0	0	0
vente pendant la SSF	Nombre de bœufs de trait vendu	0	0	0	0
	Nombre global de bovins d'élevage vendu	0	0	0	0
	Nombre de vaches laitières vendu	0	0	0	0
	Nombre de petits ruminants vendus	0	0	0	2
	Nombre de bovins d'embouche vendu	0	0	0	4
achat pendant la SSC	Nombre de bœufs de trait achetés	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'élevage achetés	0	0	0	0
	Nombre de vaches laitières achetées	0	0	0	0
	Nombre de petits ruminants achetés	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'embouche achetés	0	0	0	1
vente pendant la SSC	Nombre de bœufs de trait vendu	0	0	0	0
	Nombre global de bovins d'élevage vendu	0	0	0	0
	Nombre de vaches laitières vendu	0	0	0	0
	Nombre de petits ruminants vendus	0	0	0	0
	Nombre de bovins d'embouche vendu	0	0	0	1

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

	Module économie	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Réserves pour besoins sociaux	Quantité de maïs à mettre en réserve (sac de 100 kg)	5	5	0	3
	Quantité de sorgho à mettre en réserve (sac de 100 kg)	2	1	0	1
	Quantité de mil à mettre en réserve (sac de 100 kg)	0	1	1	0
	Quantité de niébé à mettre en réserve (sac de 100 kg)	5	3	3	0
	Quantité de d'arachide à mettre en réserve (sac de 100 kg)	1	2	4	2
Main d'œuvre	Coût de la main d'œuvre extérieure occasionnelle :Labour, désherbage, récolte, etc. (en FCfa)	1	15000		33500
	Nombre d'actifs permanents employés de l'extérieur	1	0		2
Elevage	Montant annuel des frais vétérinaires	0	9000		95000
	Montant annuel des frais de sel pour les animaux	26450	5000		72000
	Montant annuel des dépenses liées à l'achat de matériel	11500	0		0

II. scénario AC

Pour le scénario d'AC 50% des superficies céréalière ont été affectés au système d'AC ; aucune modification n'a été apporté à la gestion du système d'élevage. En gras sont Notées les modifications apportées. Les achats d'intrants agricoles sont ajustés pour correspondent aux nouveaux assolements

		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
	Module agriculture				
	Superficie totale en ha	14,5	7,5	2,5	4
Agriculture conventionnelle	Nombre d'hectare de coton	8	2	0	0
	Nombre d'hectare de maïs	**2,75**	**2,25**	**0**	**1,75**
	Proportion récolte compost	0	0	0	
	Proportion récolte fourrage	12%	12%	0	12%
	Nombre d'hectare de sorgho	0	0	**0,75**	**0**
	Proportion récolte compost	0	0	0	0
	Proportion récolte fourrage	0	0	0	0
	Nombre d'hectare de riz	0,5	0	0	0
	Proportion récolte compost	0	0	0	0
	Proportion récolte fourrage	50%	0	0	0
	Nombre d'hectare de d'arachide	0,25	0,5	0,5	0
	Proportion récolte fourrage	0%	25%	0	0
	Nombre d'hectare de niébé	0,25	0,5	0,5	0
	Nombre d'hectare de cultures fourragères	0	0	0	0,5
Agriculture de conservation	Nombre d'hectare de maïs en AC	**2,25**	**0,75**	0	**0,75**
	Proportion récolte compost	0%	0%	0%	0%
	Proportion récolte fourrage	0%	0%	0%	0%
	Nombre d'hectare de sorgho AC	**0,5**	**1**	**0,5**	**1**
	Proportion récolte compost	0%	0%	0%	0%
	Proportion récolte fourrage	0%	0%	0%	0%
	Nombre d'hectare de mil AC	0	**0,5**	0,25	0
	Proportion récolte compost	0%	0%	0%	0%
	Proportion récolte fourrage	0%	0%	0%	0%

Annexe 5 : Bilan N, P et K apparent des parcelles des principales céréales (maïs ou sorgho) pour le scénario de mise en œuvre de l'AC et pour la situation initiale des exploitations dans le cas d'une année de pluviométrie moyenne.