

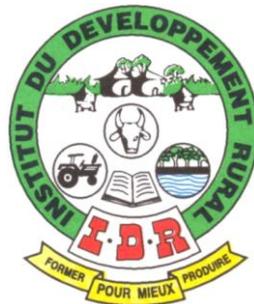
BURKINA FASO

UNITE-PROGRES-JUSTICE

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR
(MESS)**

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO
(UPB)**

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL
(IDR)**



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE
Présenté en vue de l'obtention du

**DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL
OPTION : SOCIOLOGIE ET ECONOMIE RURALES**

Thème:

Prévisions saisonnières et vulnérabilité des producteurs agricoles face à la variabilité climatique dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso : cas des villages de Daboura et de Sédéradougou

Présenté par : TRAORE Arahama

Maître de stage : M. VOGNAN Gaspard, Agroéconomiste, Programme coton/INERA

Directeur de mémoire : Dr SIDIBE Amadou, Enseignant- chercheur à l'IDR/UPB

N°:...../...../2011/SER

Juin 2011

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
TABLE DES ILLUSTRATIONS	v
RESUME.....	vii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 1: REVUE DE LA LITTERATURE.....	3
1.1. Définition et application de la programmation linéaire (PL) en agriculture	3
1.1.1. Définition	3
1.1.2. Programmation linéaire dans le cadre de l’agriculture	4
1.1.3. Forces et limites de la programmation linéaire.....	5
1.2. Notion de changements climatiques	5
1.2.1. Définition	5
1.3. Variabilité climatique	6
1.3.3. Impacts de la variabilité et des changements climatiques sur la production agricole	8
1.5. Notion de prévision saisonnière	11
1.5.1. Définition.....	11
1.5.2. Forces et limites des prévisions saisonnières	11
Chapitre 2 : METHODOLOGIE	12
2.1. Echantillonnage et choix des sites	12
2.1.1. Justification du choix de la zone d’étude.....	12
2.1.2. Justification du choix du village d’étude	14
2.1.3. Typologie des exploitations agricoles.....	14
2.1.4. Choix des exploitations agricoles	15
2.1.5. Collecte des données.....	15
2.3. Justification de la modélisation comme outil d’analyse	16
2.4. Formulation du modèle.....	16
2.4.1. Activités au sein de l’exploitation.....	17
2.4.2. Quelques paramètres du modèle	18
2.2.3.4. Variables du modèle	21

2.2.3.5. Contraintes du modèle	22
2.2.3.6. Fonction objectif	25
2.2.3.7. Définition de scénarios de simulations	25
2.2.3.8. Calibration et validation du modèle	26
2.2.4. Limites et forces du modèle	26
CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION	27
3.1. Analyse des prévisions saisonnières	27
3.1.1. Prévisions saisonnières paysannes	27
3.1.1.1. Indicateurs de l'évolution de la saison des pluies	27
3.1.1.2. Facteurs de prévisions saisonnières	28
3.1.1.3. Indicateurs d'une pluie en cours dans la journée	30
3.1.2. Utilisation des informations météorologiques	31
3.2. Analyse des pratiques culturelles paysannes	31
3.2.1. Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures	31
3.2.2. Revenu des producteurs	33
3.3. Analyse de l'effet des scénarii de simulation	35
3.3.1. Effet des prévisions saisonnières sur l'assolement et les revenus des producteurs	35
3.3.1.1. Effet sur l'allocation des terres aux cultures	35
3.3.1.2. Le revenu	38
3.3.2. Effet d'une réduction de la valeur du crédit coton sur l'assolement et le revenu ...	41
3.3.2.1. Effet sur l'assolement	41
3.3.2.2. Effet sur le revenu des producteurs de Daboura	42
3.3.3. Effet d'une assurance indicielle sur l'assolement et le revenu	43
3.3.3.1. Effet sur l'allocation des terres aux cultures	43
3.3.3.2. Effet de l'assurance sur le revenu des producteurs	44
3.4. Discussion générale	46
CONCLUSION GENERALE	48
BIBLIOGRAPHIE	50
ANNEXE	A

DEDICACE

*A la mémoire de mon oncle **TRAORE Kassa Zoumana***

Que son âme repose en paix !

REMERCIEMENTS

Le présent document est le fruit des conseils et soutiens de nombreuses personnes que nous ne pourrions pas toutes citer. Qu'il nous soit permis de témoigner notre sincère reconnaissance en adressant nos remerciements:

- au Dr TRAORE Karim, chef du Programme Coton pour nous avoir acceptée dans sa structure;
- à M. VOGNAN Gaspard, notre maître de stage, pour avoir suivi de près notre travail et crée les conditions nécessaires pour la réalisation de ce document;
- au Dr SIDIBE Amadou, notre directeur de mémoire, pour avoir suivi de près ce travail;
- au Dr BARBIER Bruno et M. LALBA Alexandre, pour leur appui à l'élaboration du modèle;
- au Dr TRAORE Hamidou, M. YOUL Sansan, M. OUATTARA Marc, M. GUIGIEMDE Oumar, M. ZONGO Bétéo, M. SANOU Souleymane, M. OUATTARA Sami, M. NOMBRE Zoumana, M. OUATTARA Lacina et M. BOURGOU Larboug, pour les critiques et les suggestions;
- au corps enseignant de l'Institut du développement rural (IDR), pour nous avoir garanti une formation de qualité;
- à mon père, ma mère, mes oncles, mes frères et mes sœurs, pour m'avoir accompagnée et soutenue tout le long de mes études;
- à M. DIANE Badaye et M. GNOUMOU Mathieu, pour leur contribution à la collecte des données;
- aux producteurs de Daboura et de Sidéradougou pour leur sympathie et leur disponibilité à répondre à nos questions.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau1 : répartition des exploitations en fonction de la typologie	15
Tableau 2: Probabilité des états de nature	19
Tableau 3: Rendements des cultures selon les états de nature et le type de producteur	19
Tableau 4 : Besoins en travail des cultures en nombre de jour par ha et par personne.....	20
Tableau 5 : Coûts totaux de production des différentes cultures (en FCFA/ha)	21
Tableau 6 : Prix des produits en FCFA/kg selon les types de saison et les localités	21
Tableau 7 : Superficie cultivable par type d'exploitation (ha).....	22
Tableau8: Disponibilité en main d'œuvre dans les exploitations	23
Tableau 9: Disponibilité en capital (FCFA) selon le type de producteur.....	24
Tableau10 : Indicateurs biologiques de l'évolution de la saison des pluies.....	27
Tableau11 : Autres indicateurs de l'évolution de la saison des pluies.....	28
Tableau 12 : Indicateurs biologiques de la prévision saisonnière	29
Tableau 13 : Autres indicateurs de la prévision saisonnière	29
Tableau 14 : Indicateurs d'une pluie dans la journée.....	30
Tableau 15 : Revenu des producteurs selon le scénario d'assurance.....	44
Figure 1 : La zone cotonnière ouest du Burkina Faso	13
Figure 2 : Schéma du fonctionnement du modèle d'exploitation	17
Figure 3 : Allocation des superficies aux cultures dans les exploitations de Daboura	32
Figure 4 : Allocation des superficies aux cultures chez les producteurs de Sidéradougou.....	33
Figure 5 : Les revenus optimaux des producteurs selon le modèle de base.....	34
Figure 6 : Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures chez les manuels.....	35
Figure 7: Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures chez les petits attelés	36
Figure 8 : Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures chez les gros attelés.....	37
Figure 9 : revenus optimaux des manuels selon les scénarii climatiques	38
Figure 10 : revenus optimaux des petits attelés selon les scénarii climatiques.....	40
Figure 11 : Revenus optimaux des gros attelés selon les scénarii climatiques	41
Figure 12 : plans optimaux d'allocation des terres aux cultures	42
Figure 13 : Revenus optimaux selon le scénario de crédit.....	43
Figure 14 : Allocation optimale des terres aux cultures selon le scénario d'assurance	44

SIGLE ET ABBREVIATION

ABN : Autorité du bassin du Niger

ACMAD : Centre africain pour les applications de la météorologie au développement
(African Centre of Meteorological Application for Development)

AGRHYMET : Centre d'agriculture, hydrologie et météorologie

CCNUCC : Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

CEDEAO : Communauté économique des états de l'Afrique de l'Ouest

CERDI : Centre international de recherche pour le développement

CILSS : Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel

CSAO : Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest

FCFA : Franc de la Communauté financière d'Afrique

GAMS: General Algebraic Modeling System

GERDAT : Groupement d'études et de recherches pour le développement de l'agronomie
tropicale

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

INERA : Institut de l'environnement et de recherches agricoles

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

PNSA : Plan national de sécurité alimentaire

PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'environnement

PIB : Produit intérieur brut

SOFITEX : Société burkinabè des fibres textiles

RESUME

La variabilité climatique constitue l'un des principaux facteurs de l'instabilité des récoltes en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. La recherche des stratégies d'adaptations nécessite une bonne connaissance des pratiques culturelles des producteurs. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude dont l'objectif est d'explorer quelques alternatives pouvant contribuer à réduire l'effet de la variabilité climatique sur le revenu des producteurs agricoles. L'analyse qualitative des données d'enquêtes montre que les savoirs locaux de prévision saisonnière perdent de plus en plus leur qualité en termes de fiabilité à cause du phénomène des changements climatiques. Les modèles d'exploitations par le biais de la programmation linéaire montrent que l'allocation actuelle des facteurs de production aux cultures ne maximise pas au mieux les revenus des producteurs. L'écart entre le revenu optimisé et le revenu observé varie entre 12,4 % et 54,8 % selon le type de producteurs et les conditions agro-climatiques. Les résultats de simulation des scénarii climatiques montrent que (i) la réalisation d'une prévision de bonne saison n'a pas d'effet sur le revenu des différents types de producteurs, (ii) celle d'une saison moyenne à un effet positif seulement sur le revenu du producteur manuel, (iii) celle d'une saison sèche à un effet positif sur le revenu de tous les types de producteurs, (iv) les erreurs de prévision saisonnière entraînent une perte de revenu sauf celles de la saison bonne. La simulation de l'effet crédit indique une plus forte dépendance des exploitations des nouvelles zones cotonnières (Sidéradougou) vis-à-vis du crédit que celles du bassin cotonnier (Daboura). L'instauration d'une assurance indicielle basée sur le crédit intrant coton entraîne une augmentation du revenu surtout en saison sèche variant entre 4,2 % et 49,3 % selon le type de producteur et les conditions agro-climatiques.

Mots clés : changement climatique, variabilité climatique, prévision saisonnière, modélisation, revenu

INTRODUCTION GENERALE

Le climat burkinabè est caractérisé par un important déficit pluviométrique, de fortes irrégularités spatio-temporelles des pluies et une pluviosité annuelle décroissante du Sud au Nord depuis la fin des années 1960 (SOME et DEMBELE, 1996; OUEDRAOGO et *al.* 2010).

Cette dégradation climatique a des répercussions néfastes sur l'agriculture, le principal secteur économique du pays (35% du Produit intérieur brut(PIB)). Les superficies aménagées pour l'irrigation étant estimées à moins de 1% des superficies agricoles cultivées totales, l'agriculture reste très vulnérable aux aléas climatiques (PNSA, 2008). La baisse des productions et des revenus liés à ces aléas exposent les producteurs agricoles à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté. Pour s'y adapter, les producteurs ont adopté des stratégies telles que la modification des dates de semis, l'utilisation de variétés de semences améliorées, les techniques de conservation des eaux et des sols, l'utilisation de la fumure organique, les semis directs en cas de retard d'installation de la saison (TRAORE, 2001; SAVADOGO, 2009; KIENDREBEOGO, 2010; NACAMBO, 2010; OUEDRAOGO et *al.* 2010).

Outre ces stratégies, les producteurs font des prévisions saisonnières pour prédire le type de la saison pluvieuse future (KIENDREBEOGO, 2010; NACAMBO, 2010). Un centre météorologique comme le Centre africain pour les applications de la météorologie au développement (ACMAD) vient en appui aux services agricoles des pays de l'Afrique de l'Ouest à travers des prévisions saisonnières. L'objectif de ces prévisions est de réduire l'effet de la variabilité climatique sur les récoltes.

La question de la variabilité climatique et des prévisions saisonnières a fait l'objet de plusieurs études (SOME, 1989 ; SOME et SIVAKUMAR, 1994 ; DEMBELE, 1996 ; OUEDRAOGO, 2005 ; ZOUNDI et *al.* 2007 ; BACCI et *al.* 2008). Toutefois, la plupart de ces études s'est focalisée sur la détermination des dates optimales de semis pour des cultures comme le sorgho, l'arachide, le mil et le coton ou la définition des plans optimaux de production selon les types de saisons. Les questions d'impact économique des prévisions pluviométriques ont été abordées par DABIRE et *al.* (2009), SULTAN et *al.* (2009) et OUERESSE (2010).

Cependant, leurs études ne prennent pas en compte d'une part la diversité des exploitations et d'autre part la diversité des conditions agro- climatiques. Par ailleurs, ces études ne prennent pas en compte les prévisions paysannes.

A l'examen de ces travaux, on peut se poser les questions suivantes:

- quelle est la logique paysanne de prévision saisonnière en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso?
- quelle est le potentiel économique de l'utilisation des données de la prévision météorologique par les producteurs?

Pour répondre à ces questions, nous avons choisi les villages de Daboura et de Sidéradougou dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso comme cadre d'étude et la modélisation par le biais de la programmation linéaire comme outil d'analyse.

Objectifs de l'étude

L'objectif global de l'étude est d'explorer quelques alternatives pouvant contribuer à réduire l'effet de la variabilité climatique sur le revenu des producteurs agricoles.

Plus spécifiquement, il s'agit de:

- recenser les facteurs de prévisions saisonnières paysannes et déterminer le niveau d'utilisation des informations météorologiques;
- évaluer le niveau d'optimisation des pratiques culturales actuelles des producteurs;
- évaluer l'effet de quelques scénarii de simulation sur l'allocation des terres et le revenu des producteurs.

Hypothèses de recherche

Nos hypothèses de recherche sont les suivantes:

- dans un contexte de risques climatiques élevés, le savoir local de prévision saisonnière des producteurs est abandonné au profit des prévisions météorologiques ;
- les pratiques culturales actuelles des producteurs agricoles ne maximisent pas leur revenu ;
- il existe des alternatives permettant d'améliorer les revenus des producteurs.

Le présent document s'articule autour de trois chapitres dont le premier aborde la revue de la littérature. Le second chapitre porte sur la méthode de travail adopté. Le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussions.

Chapitre 1: REVUE DE LA LITTERATURE

1.1. Définition et application de la programmation linéaire (PL) en agriculture

1.1.1. Définition

Plusieurs définitions ont été données à la programmation linéaire (PL) selon le contexte de l'étude et la problématique traitée. Selon BENOIT-CATTIN (1995), la PL est une technique de programmation mathématique qui est utilisée dans de nombreux processus de prise de décision où le décideur doit identifier, quantifier ses limites et doit spécifier une fonction « objectif » à maximiser (profit) ou à minimiser (coût).

BOUSSARD et DAUDIN (1988) définissent la PL dans le cadre de l'agriculture comme une technique d'optimisation qui permet de prévoir le plan de production agricole à partir des solutions optimales.

Pour BARBIER (1994), la PL permet d'explorer la rationalité du changement technique telle que le choix des activités, des systèmes de cultures ou de substitutions entre intrants.

Dans le cadre de notre travail, la PL appliquée aux modèles d'exploitations détermine pour un scénario donné, la meilleure combinaison possible de culture qui maximise le profit du producteur tout en respectant les différentes contraintes qui limitent son choix de production.

Selon BOUSSARD et DAUSIN (1988).

L'énoncé mathématique d'un programme linéaire s'écrit comme suit :

$$\text{Max } Cx = \sum c_j x_j \quad (1)$$

Sous contraintes :

$$\sum a_{ij} x_j \leq b_i \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad (3)$$

Avec :

C : la fonction objectif à maximiser ;

c_j : la contribution d'une unité de l'activité j à la fonction objectif ;

x_j : la variable de décision (en agriculture elle peut être la superficie allouée à la culture j) ;

a_{ij} : les coefficients techniques qui représentent les besoins en facteurs de production i de l'activité j ;

bi : la disponibilité en facteurs de production i.

1.1.2. Programmation linéaire dans le cadre de l'agriculture

L'utilisation de la PL par les agroéconomistes remonte aux années 1950 où sa première utilisation a été la détermination des plans de production optimaux au niveau de l'exploitation ou du sous-secteur. La préoccupation de savoir reproduire le système existant avant d'examiner son amélioration a conduit à une utilisation plus positive de la PL (BENOIT-CATTIN, 1995).

Au Burkina Faso, les travaux qui ont fait appel à la PL comme outil d'analyse du comportement des exploitations sont nombreux. BARBIER (1994) a utilisé la PL pour analyser la durabilité d'un système agraire villageois à Bala dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Dans le même village, BARBIER et BENOIT-CATTIN (1997) ont analysé la viabilité à moyen et long terme d'un système agraire. OUEDRAOGO (2005) a utilisé la PL pour analyser les possibilités d'une intensification de l'agriculture dans le plateau central du Burkina Faso à partir des nouvelles technologies. DABIRE *et al.* (2009) ont fait une évaluation ex-anté de la prévision saisonnière en petit paysannat burkinabé dans la commune rurale de Dano. LALBA *et al.* (2005) ont utilisé la PL pour évaluer l'impact économique et environnemental des mécanismes de gestion des parcours communs dans le terroir de Ouara à l'ouest du Burkina Faso. ZOUNDI *et al.* (2007) ont utilisé la PL pour analyser les comportements des producteurs par rapport à l'adoption de systèmes de cultures améliorés de niébé dans les villages de Madougou et de Ziga dans la zone semi-aride du Burkina Faso. ZONGO (2010) a analysé les pratiques des producteurs et la conception des innovations dans les villages de Koumbia et de Kourouma à l'ouest du Burkina Faso par le biais de la PL. OUERESSE (2009) a évalué l'effet de la prévision saisonnière sur le revenu des producteurs dans le village de Bala.

Mais à l'exception de OUEDRAOGO (2005) et de ZOUNDI *et al.* (2007) la plus part de ces auteurs ne prennent pas en compte à la fois la variabilité climatique et la diversité des exploitations. Cependant, pour obtenir des résultats plus réalistes dans un régime essentiellement pluvial, il est pertinent de considérer le risque et la possibilité que chaque spéculation produise différents rendements selon les conditions agro-climatiques (MASTERS et VITALE, 1998). La prise en compte de la diversité des exploitations permet d'adapter les outils d'aide à la diversité des exploitations. En effet, la modélisation des exploitations pourrait déboucher sur des outils d'aide à la gestion des exploitations, à l'usage des agriculteurs, permettant d'optimiser l'utilisation des ressources en fonction d'objectifs

économiques et sociaux (AFFHOLDER, 1995). Dans le cadre de ce travail, nous adoptons la même démarche que OUEDRAOGO (2005) et ZOUNDI et *al.* (2007). Cependant notre démarche possède une certaine originalité. Cette originalité réside d'une part dans la typologie des producteurs et d'autre part dans le thème traité. La typologie de OUEDRAOGO (2005) est basée sur les ménages alors que la nôtre est basée sur les exploitations. ZOUNDI et *al.* (2007) ont fait une typologie basée sur les systèmes de production ce qui diffère de la nôtre car c'est le système de culture qui détermine nos types de producteurs.

1.1.3. Forces et limites de la programmation linéaire

La PL est considéré par de nombreux auteurs comme un véritable outil d'analyse du comportement des producteurs. Selon OUEDRAOGO (2005) la PL constitue un outil puissant d'analyse pour évaluer les effets des politiques agricoles sur le comportement et le revenu des producteurs. Selon ADEGBIGI (2003), elle apparaît comme un moyen efficace de procéder rigoureusement à la présentation des décisions étant donné que les hypothèses de calcul sont fondées sur des faits observés et les solutions sont confrontées aux réalités observables. En somme, la PL permet d'évaluer l'impact des politiques agricoles et des nouvelles technologies sur la production agricole afin de prendre les meilleures décisions tout en respectant les contraintes du milieu.

Malgré les multiples forces, la PL a des limites. Elle ne considère qu'une seule fonction objectif pour le producteur alors que celui-ci peut avoir plusieurs objectifs. Ce qui constitue une limite car la logique du fonctionnement des exploitations n'est pas toujours basée sur la maximisation de la marge brute ou de la marge nette (MENDEZ, 1995).

1.2. Notion de changements climatiques

1.2.1. Définition

Selon la définition du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007), le changement climatique se réfère à tout changement du climat dans le temps dû à la variabilité naturelle du climat ou résultant de l'activité humaine. Cette définition diffère de celle énoncée par la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, 2001) qui définit le changement climatique comme les changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observé au cours des périodes comparables. De ce qui précède, nous définissons les changements climatiques

comme l'ensemble des variations statistiquement significatives de l'état moyen du climat dans un endroit donné dues à des facteurs humains et naturels.

1.2.2. Causes et situation des changements climatiques dans le monde

Selon le GIEC, les changements climatiques sont dus à l'augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (GES) et d'aérosols qui modifient le bilan énergétique du système climatique. Les plus importants GES sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) dont les concentrations se sont fortement accrues depuis 1750 sous l'effet des activités humaines. La hausse de la concentration de ces gaz entre 1970 et 2004 a été de 70% et les rejets annuels de CO₂ (plus important GES) ont augmenté de 80% environ pendant la même période (GIEC, 2007).

A ces facteurs anthropiques, s'ajoutent des raisons naturelles liées aux paramètres orbitaux bien établis de l'échelle paléoclimatique, avec des conséquences climatiques freinées par l'effet d'inertie des accumulations glaciaires, l'activité solaire, l'activité volcanique et les aérosols associés (plus particulièrement les sulfates) (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008).

Il s'ensuit alors un réchauffement qui se traduit à l'échelle du globe par une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer. La température moyenne de la terre a augmenté de 0,74°C entre 1906-2005 (GIEC, 2007). Par conséquent, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,8 mm/an depuis 1961 et de 3,1 mm/an sous l'effet de la dilation thermique et de la fonte des glaciers, des calottes glaciaires et des nappes glaciaires polaires. L'étendue annuelle des glaces a diminué de 2,7% par décennie dans l'océan Arctique avec un recul plus marqué en été soit 7,4% (GIEC, 2007). Selon certaines projections la température moyenne mondiale à la surface de la terre augmentera de 1,4 à 5,8 °C entre 1990 et 2100.

Ces changements climatiques viennent amplifier la variabilité naturelle du climat.

1.3. Variabilité climatique

Selon le GIEC (2007), la variabilité du climat est définie comme étant les variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de la variabilité propre dues à des phénomènes climatiques particuliers. Selon la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques la variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et

interannuelle du climat (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008). Dans le cadre de ce travail, la variabilité climatique est définie comme étant les variations interannuelles de pluviosité.

1.3.1. La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest

Les différentes problématiques climatiques en Afrique de l'Ouest sont traduites par des variations intra et interannuelles de pluviosité. On note, une décroissance régulière de la quantité de pluie et une grande variation spatio-temporelle (DORSOUMA et MELANIE, 2008 ; DIARRA, 2009). La région a connu une forte diminution des précipitations durant les 50 dernières années avec une rupture nette dans les années 1968-1972. Au Sahel, cette réduction apparaît clairement avec des épisodes de forts déficits en 1972-1973, 1982-1984 et 1997. Cela s'est traduit par un glissement des isohyètes de 200 km vers le Sud et un processus d'aridification du climat dans la zone. Par conséquent, les écoulements des principaux fleuves ont baissé. Le débit du fleuve Niger a diminué de 30% entre 1971 et 1989, celui des fleuves Sénégal et Gambie de près de 60%. Par ailleurs, les pertes annuelles sont estimées à 30 000 milliards de m³ d'eau dans le delta intérieur du Niger (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008). Au Sahel, les ressources en eau dans les différents bassins hydrologiques ont baissé de 40 à 60% depuis les années 1970 tout comme le niveau des eaux souterraines (BADOLO, 2009). Les études récentes menées sur la question du réchauffement climatique révèlent que le Sahel et la sous-région en particulier connaîtront une forte instabilité des précipitations, une disparition de certaines espèces végétales et animales, et une récurrence des calamités comme les inondations et les épisodes de sécheresses.

1.3.2. La variabilité climatique au Burkina Faso

Le climat burkinabé est marqué par un important déficit pluviométrique et de fortes irrégularités spatio-temporelles des pluies et une pluviométrie annuelle décroissante du Sud vers le Nord. Le Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA) montre que dans la période 1971-2000 les isohyètes sont descendus vers le Sud par rapport aux périodes 1931-1960 et, avec la station de Ouagadougou comme exemple, la baisse de la pluviométrie dans les mêmes périodes est démontrée. On observe une tendance à l'aridification du climat au Nord, à une diminution de la période de croissance végétale de 20 à 30 jours et un déplacement des isohyètes vers le Sud par rapport aux années 1960 (OUEDRAOGO et *al.* 2010). Selon les prévisions faites par TRAORE (2001) la

température dans l'Ouest du Burkina Faso augmentera de 1,5°C à l'horizon 2025 et de 2,5°C à l'horizon 2050 et la pluviométrie diminuerait de 1,8 à 3,4 % pendant les mêmes périodes.

1.3.3. Impacts de la variabilité et des changements climatiques sur la production agricole

La péjoration du climat l'affecte la production agricole mondiale à travers les sécheresses, les inondations qui entraînent non seulement l'érosion du sol mais aussi des pertes de récoltes et la baisse des rendements.

Pour BOKO (2009) plus de deux millions d'hectares de hautes terres éthiopiennes sont irrémédiablement dégradés.

Selon Ouédraogo (2006) les hautes températures en saison froide provoqueraient un mûrissement précoce des récoltes annuelles occasionnant des baisses de rendement des cultures.

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE, 2007), rapporte que l'augmentation des températures et le dessèchement des sols pourraient réduire la production agricole de près d'un tiers dans les régions tropicales.

Les risques climatiques bouleversent aussi le calendrier cultural qui se traduit par une installation tardive des cultures, le retard pour la réalisation des principales opérations culturales (SAVADOGO, 2009). Les semis tardifs réduisent considérablement les rendements, en particulier ceux du coton (DAKUO et *al.*, 1993). Cette réduction est estimée à 260 kg/ha et par décade de retard. Au-delà du 1er juillet, il est ressorti que chaque semaine de retard entraîne une perte de rendement de 15 % (DAKUO, 1995).

Les prévisions du GIEC estiment que dans certains pays d'Afrique, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020 (GIEC, 2007). En Afrique de l'Ouest, des études de cas réalisées au Sénégal, au Mali, au Burkina Faso et au Niger présentent des résultats contractés. Ces études montrent que les rendements de mil et de sorgho diminueraient entre 15 et 25 % d'ici 2080 tandis que les rendements du riz augmenteraient de 10 à 25 % pour les périmètres irrigués et de 2 à 10 % pour le riz pluvial (BADOLO, 2009).

TRAORE (2001) prévoit une réduction des rendements du sorgho dans l'Ouest du Burkina Faso de 24 % à l'horizon 2025. Ces pertes de rendements ont des impacts socio-économiques graves pour les populations.

1.3.4. Impacts socio-économique de la variabilité et des changements climatiques

Les risques climatiques bouleversent la vie économique et sociale des populations. Les événements climatiques extrêmes provoquent des inondations aux conséquences sociales catastrophiques (BOKO, 2009). A titre d'exemple, l'inondation intervenue dans la ville de Ouagadougou le 1er septembre 2009 a causé 9 pertes en vie humaine, d'importants dégâts matériels et plus de 150 000 sinistrés (SOULAMA, 2009). La prise en charge de ces sinistrés pèse sur l'économie du pays.

Quant aux sécheresses, en Afrique de l'Ouest, elles ont contribué à la migration humaine, à la séparation culturelle, à la dislocation de population et à l'effondrement des sociétés, à la transhumance humaine et du bétail (DIARRA, 2009 ; CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008). Ces déplacements entraînent des pertes de bétail pour des raisons de maladie.

Les changements climatiques affectent également la santé humaine. Le GIEC(2007) estime que plus de deux millions de personnes dans le monde pourraient mourir prématurément du fait de la pollution de l'air.

Pendant que le GIEC (2007) estime entre 2 % et 4 % du PIB les pertes liées au secteur agricole d'ici 2100 en Afrique de l'Ouest, DIARRA (2009) prévoit une chute des revenus nets des récoltes de près de 90 % à l'horizon 2100 dans certains pays de la région.

Ces incidences climatiques rendent les populations vulnérables. La vulnérabilité est définie par le GIEC comme la mesure dans laquelle un système peut être dégradé ou endommagé par l'évolution du climat (WINOGRAD, 2010). Ainsi, la définition pratique de la vulnérabilité pour ce travail est la possibilité pour un producteur de voir son revenu diminué sous l'effet de la variabilité climatique. Elle est fonction de la nature, de l'importance et du taux de variation climatique auquel le producteur se trouve exposé. Elle est aussi fonction de la capacité d'adaptation du producteur.

1.3.5. Les stratégies d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques

Afin de réduire les effets néfastes des changements climatiques diverses actions sont entreprises à différentes échelles : mondiale, régionale, nationale et locale.

A l'échelle mondiale, le GIEC a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), avec pour objectif d'évaluer les informations scientifiques relatives aux changements climatiques, de mesurer les conséquences environnementales et socio-économiques de ce changement et de formuler des stratégies de parade réalistes (PNUE,

2007). Le GIEC recommande une baisse des émissions des GES de 25 à 40 % entre 1990 et 2020 et de 80 % à l'horizon 2050 pour éviter des dommages irréparables (GIEC, 2007).

La CCNUCC, adoptée en 1992 cherche à stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute « perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Le protocole de Kyoto adopté en 1997 fixe à 5 % l'objectif de réduction des émissions pour la période 2008-2012 par rapport à 1990, avec des objectifs précis pour chaque pays. Par exemple -8 % pour l'Union européenne, -7 % pour les Etats-Unis mais à l'inverse +8 % pour la Norvège ou +10 % pour l'Islande (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008).

A l'échelle régionale, on assiste à la mise en œuvre du programme de la Prévision saisonnière en Afrique de l'Ouest (PRESAO) initié en 1998 par un consortium de structures telles que le Centre africain pour les applications de la météorologie au développement (ACMAD), le centre régional AGRHYMET et l'Autorité du bassin du Niger (ABN). Cette initiative vise à renforcer les capacités nationales en matière de prévision pluviométriques de la région (MAF, 2008).

Dans la sous-région le Comité permanent Inter-Etat de lutte contre la sécheresse dans le sahel (CILSS) a été créé en 1973 suite à la sécheresse qu'a connue le Sahel. Son objectif actuel est de s'investir dans la recherche de la sécurité alimentaire et dans la lutte contre les effets de la sécheresse et de la désertification pour un nouvel équilibre écologique. D'où un programme du centre AGRHYMET sur les changements climatiques intitulé « Appui aux Capacités d'Adaptation au Changement Climatique au Sahel ». Ce programme travail d'une part sur le renforcement des capacités du personnel du centre AGRHYMET et des autorités locales dans les pays sahéliens et d'autre part, il exécute des projets pilotes sur l'adaptation aux changements climatiques dans les secteurs de l'agriculture et de l'élevage (MAF, 2008).

A l'échelle nationale, le Burkina Faso en particulier au-delà de l'adoption des conventions internationales, a élaboré son Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatique (PANA) en 2007, présentant les politiques et mesures destinées à intégrer les considérations liées aux changements climatiques dans le cadre d'un développement durable. Le PANA propose 12 fiches de projets d'adaptation dans des secteurs prioritaires.

Au plan local, les études sur les perceptions paysannes et les stratégies d'adaptations aux changements climatiques montrent que les producteurs ont des stratégies de prévention des risques climatiques. Ces stratégies sont entre autre l'utilisation des techniques de conservation des eaux et des sols (les cordons pierreux, les digues et diguettes, le zaï, le

paillage etc.), l'utilisation de variétés améliorées de semence, les semis directs en cas de retard d'installation de la saison et les prévisions saisonnières et journalières (TRAORE, 2001; SAVADOGO, 2009; KIENDREBEOGO, 2010; NACAMBO, 2010; OUEDRAOGO et *al.* 2010).

1.5. Notion de prévision saisonnière

1.5.1. Définition

La prévision saisonnière est définie comme une technique qui consiste à prévoir les paramètres météorologiques sur une échelle temporelle de quelques mois à venir. On prévoit pour chaque mois ou saison une moyenne ou une anomalie de la température et des précipitations (ACMAD, 2005 ; BACCI et *al.* 2009). De ces définitions, la prévision saisonnière exprime dans le cadre de ce travail la probabilité que le total saisonnier des précipitations d'une campagne agricole donnée appartienne à l'une des trois catégories de saisons (bonne, moyenne, mauvaise). Plusieurs structures nationales et internationales interviennent dans la prévision saisonnière. Il s'agit entre autre de l'ACMAD, de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN), et du Centre régional AGRHYMET, des services météorologiques et hydrologiques nationaux.

1.5.2. Forces et limites des prévisions saisonnières

Les prévisions saisonnières peuvent permettre aux décideurs de prendre des décisions à des échéances de l'ordre de quelques mois en tenant compte d'un type de temps plus probable que le climat moyen. Ainsi, associées à d'autres données, les prévisions saisonnières revêtent un intérêt certain pour l'anticipation des phénomènes de sécheresse (BACCI et *al.* 2009). Elles orientent les choix de production des exploitants agricoles en fonction de la pluviosité. Elles apparaissent ainsi comme une mesure d'adaptation à la variabilité climatique à grande échelle et à moindre coût pour le producteur (SULTAN *et al.* 2009). Les prévisions saisonnières ont cependant des limites. Les informations sont de nature qualitative c'est-à-dire la probabilité qu'un type de saison donné se réalise. La répartition temporelle des précipitations reste alors une incertitude (SULTAN et *al.* 2009). Par ailleurs, ce sont des prévisions de trois mois pour ce qui concerne l'Afrique de l'Ouest (CILSS, 2010) alors que la saison des pluies va au-delà. Les prévisions sont également faites par zone, alors qu'il peut avoir des disparités au sein d'une même zone.

Chapitre 2 : METHODOLOGIE

2.1. Echantillonnage et choix des sites

2.1.1. Justification du choix de la zone d'étude

La présente étude est menée dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. La zone comprend les provinces à tradition cotonnière ancienne (Kossi, Banwa, Mouhoun, Balés, Houet, Tuy, Kéné Dougou, Léraba) et celles à vocation récente (Comoé, Bougouriba, Ioba, Poni) (figure 2). Le choix de cette zone repose d'une part sur ces énormes potentialités en ressources agricoles et d'autre part sur sa contribution dans le développement économique du pays. Elle fournit environ 80% de la production nationale de coton (PODA, 2004). Deux régions (Boucle du Mouhoun et les Hauts bassins) de la zone fournissent à elles seules 27% de la production céréalière nationale du pays (MAHRH, 2009(a)).

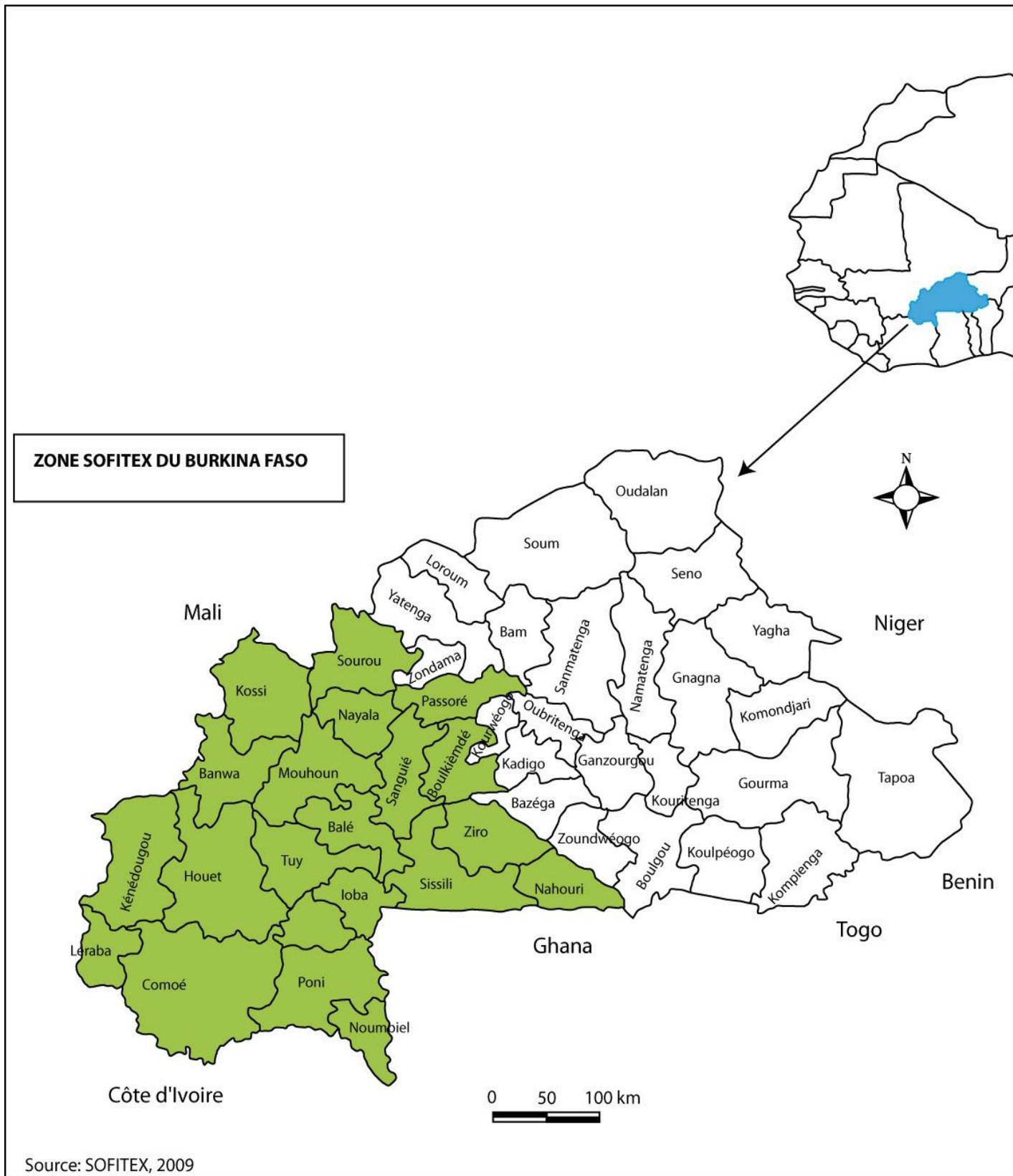


Figure 1 : zone cotonnière ouest du Burkina Faso

2.1.2. Justification du choix du village d'étude

Le contexte de changement climatique et surtout le phénomène de variations interannuelles et inter-zone nous interpelle sur le choix des sites aux caractéristiques agro-climatiques différentes. Deux sites ont été de ce fait choisis dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Un site situé dans la partie nord de la zone, le village de Daboura et un autre à l'extrême sud de la zone, le village de Sidéradougou.

Une des raisons du choix de ces villages est également la représentation de différent niveau d'équipement. La prise en compte du niveau d'équipement permet d'adapter les mesures préconisées à la diversité économique des exploitations.

❖ Village de Daboura

Ce village relève du département de Solenzo, chef-lieu de la province des Banwa. Il est situé sur l'axe Dédougou-Solenzo à 15km de Solenzo. Le climat est de type Nord-soudanien, caractérisé par une saison pluvieuse allant de mai à octobre et une saison sèche de novembre en avril. La pluviométrie se situe entre les isohyètes 700mm et 900mm d'eau/an. Les sols sont en général cuirassés et on y trouve des collines, des plateaux, des bas-fonds, des bas glacis et des glacis versants. Le village compte plus de 8767 habitants composés des autochtones (Bwaba) et d'allochtones (Mossis, Peulh, Dafing, Bobo, Samo). L'agriculture repose essentiellement sur le sorgho, le maïs et le coton et dans une moindre mesure sur le sésame.

❖ Village de Sidéradougou

Ce village représente le chef-lieu du département situé dans la partie est de la province de la Comoé. Il est situé sur l'axe Banfora-Gaoua à 65 km de Banfora. Le climat est de type sud soudanien caractérisé par une saison humide de mai à octobre et une saison sèche de novembre à mars. La hauteur de la pluviométrie se situe entre 750 à 1100mm d'eau /an. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux peu lessivés ou lessivés indurés peu profonds à moyennement profonds et des sols d'affleurements cuirassés. La population totale s'élève à 3702 habitants composée des autochtones (Dioula et Tièfo) et d'allochtones (Mossi, Peuls, Bissa, Bobo, etc.). Les principales cultures sont le maïs, le sorgho et le coton.

2.1.3. Typologie des exploitations agricoles

L'exploitation agricole dans le cadre de ce travail est définie comme une unité économique de production auquel se rattache divers individus travaillant sur des parcelles communes et sous

la responsabilité d'un individu appelé le chef de l'exploitation. Cette unité produit des produits agricoles pour la consommation et pour la commercialisation.

Une typologie des exploitations a été élaborée par le programme coton/ l'INERA sur la base d'un regroupement selon le niveau d'équipement. Ainsi, les exploitations sont regroupées en trois groupes :

- **les manuels**, les exploitations qui disposent des outils manuels comme la houe, la daba etc., mais qui peuvent souvent faire de la location d'attelage pour certaines opérations culturales (labour) ;
- **les petits attelés**, les exploitations qui disposent d'une seule paire de bœufs de trait ;
- **les gros attelés**, les exploitations qui ont au moins deux paires de bœufs de trait.

2.1.4. Choix des exploitations agricoles

Les données utilisées pour élaborer les modèles d'exploitation concernent 30 exploitations agricoles dans chaque village comme l'indique le tableau 1, soit un total de 60. Le choix a été fait sur la base de la typologie ci-dessus mentionnée afin que chaque type d'exploitation soit représenté. Ces exploitations agricoles font partie d'un dispositif de suivi socio-économique et agronomique rapproché qui a été mis en place depuis 10 ans par le Programme Coton/ l'INERA pour suivre l'évolution et la dynamique des exploitations en zone cotonnière ouest.

Tableau1 : répartition des exploitations en fonction de la typologie

Villages	Daboura		Sidéradougou			
	Effectif	%	Nombre de bœuf de trait	Effectif	%	Nombre de bœuf de trait
Manuels	3	10	0	4	13,33	0
Petit attelés	10	33,34	2	12	40	2
Gros attelés	17	56,67	4	14	46,67	4
Total	30	100		30	100	

2.1.5. Collecte des données

La collecte des données est basée d'une part sur l'exploitation des données du suivi des exploitations agricoles et d'autre part sur des compléments d'enquêtes qui ont été réalisés à l'aide de fiches individuelles d'enquêtes et des entretiens de groupes auprès des 60 chefs

d'exploitation. L'exploitation des données de suivi des exploitations agricoles a concerné des données de 10 ans. Les données des enquêtes individuelles ont été collectées à l'aide d'un questionnaire structuré en trois parties :

- la performance technique et économique des exploitations;
- les facteurs de prévisions paysannes de la pluviométrie;
- la programmation des campagnes agricoles par le producteur.

Les entretiens de groupe ont concerné les producteurs des sites de l'étude et les services techniques en charge de l'agriculture. Les données secondaires ont été obtenues à travers la recherche bibliographique et l'exploitation des rapports d'activités du programme Coton/INERA.

2.2. Analyse des données

Les analyses de données ont été faites grâce aux logiciels EXEL et GAMS (General Algebraic Modeling System). Les données ont été saisies et analysées avec le logiciel EXEL pour générer les graphiques et dériver les statistiques des coefficients techniques (rendements, coût de production) du modèle de la programmation linéaire qui a été à son tour analysé par le logiciel GAMS. Les modèles d'exploitation ont été ainsi élaborés pour chaque type d'exploitation afin de mesurer les impacts du risque climatique sur les pratiques habituelles et de simuler les impacts de quelques alternatives pouvant permettre d'atténuer leurs effets.

2.3. Justification de la modélisation comme outil d'analyse

Un modèle constitue une représentation simplifiée d'un système élaboré en vue d'un certain objectif (BOULANGER et BRECHET, 2003). La recherche des plans de production susceptibles d'atténuer les incidences de la variabilité climatique sur les revenus des exploitations agricoles fait appel à une combinaison de facteurs agronomiques, biologiques, économiques et climatologiques. Seule la modélisation permet de capter dans une dynamique systémique les interactions entre ces différents facteurs et leur impact selon les décisions prises par le producteur (PICHOT, 1995).

2.4. Formulation du modèle

Il s'agit du modèle de base (figure 3) appliqué aux différents types d'exploitations des deux villages. Les modèles élaborés sont des modèles d'optimisations microéconomiques basés sur la programmation mathématique linéaire.

- ✓ L'optimisation est la représentation mathématique d'un problème de maximisation ou de minimisation sous contrainte.
- ✓ Le modèle est microéconomique car il modélise le comportement individuel des producteurs.

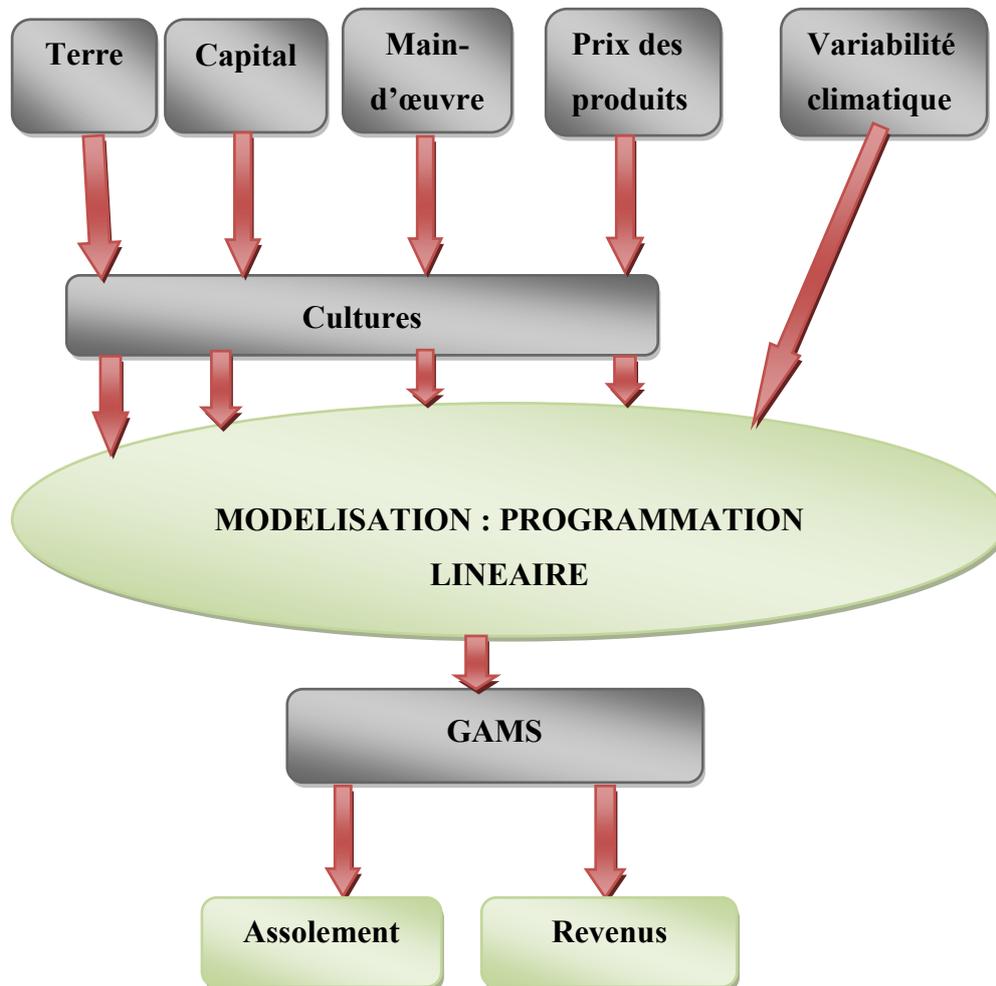


Figure 2 : Schéma du fonctionnement du modèle d'exploitation

Le modèle représente à l'entrée les facteurs de production indispensables à la conduite des cultures et des facteurs exogènes comme le prix des produits et la variabilité climatique. Le modèle est élaboré sous forme d'un programme linéaire. La traduction du modèle par le logiciel GAMS donne à la sortie l'assolement et les revenus.

2.4.1. Activités au sein de l'exploitation

Les modèles considèrent uniquement les activités de productions végétales représentées par :

- ▶ les céréales : le maïs (mai) et le sorgho (sor) ;
- ▶ le coton (cot) à savoir le coton conventionnel et le Bt.

A chaque culture sont associées des itinéraires techniques qui correspondent aux opérations d'installation, d'entretien et de récolte des cultures. Désignons par J l'ensemble des cultures de l'exploitation.

$$J = \{\text{mai, sor, cot}\} \quad (4)$$

Les pratiques culturales varient en fonction des types de producteurs. Notons par P l'ensemble des catégories de producteurs.

$$P = \{\text{man, pa, ga}\}. \quad (5)$$

Avec man : les manuels ; pa : les petits attelés et ga : les gros attelés.

2.4.2. Quelques paramètres du modèle

Les paramètres sont l'ensemble des facteurs exogènes pris en compte explicitement dans l'analyse. Les facteurs sont dits exogènes lorsqu'ils ne peuvent être influencés par aucune des décisions des producteurs (ADEGBIDI, 2003). Selon (MASTERS et VITALE, 1998) les paramètres correspondent à des valeurs prédéterminées hors du modèle et introduites dans le modèle sous forme de données. Ce sont les paramètres les plus déterminants du modèle qui sont décrits dans la méthodologie.

❖ Les états de nature

La zone cotonnière est comprise entre les isohyètes 700 et 1200 mm, les besoins en eau du cotonnier étant au minimum de 700mm d'eau par an, de ce fait, les saisons sont définies comme suit:

- une hauteur de pluviosité supérieure ou égale à 1000 mm est considérée comme une bonne saison ;
- une hauteur de pluviosité comprise entre 800 et 1000 mm est considérée comme une saison moyenne,
- une hauteur de pluviosité inférieure à 800 mm correspond à une saison sèche.

Il faut noter qu'à Daboura, il n'y a pas de bonne année de pluviosité car il est situé entre les isohyètes 700 et 900 mm d'eau par an.

Désignons par K l'ensemble des états de nature rencontrés et par *proba (k)* la probabilité que chaque état de nature se réalise (tableau 2). Les probabilités des différents types de saisons sont calculées à partir des données pluviométriques sur une échelle de dix ans.

$$K = \{k_1, k_2, k_3\} \quad (6)$$

Avec : k1= saison sèche, k2=saison moyenne, k3= saison bonne.

$$\sum proba(k) = 1 \quad (7)$$

Tableau 2: Probabilité des états de nature

Villages	Daboura	Sidéradougou
k1	0,2	0,2
k2	0,8	0,3
k3		0,5

❖ **Les rendements**

Les rendements des différentes spéculations varient suivant les conditions agro-climatiques et le type de producteur. Ainsi, les rendements sont déterminés selon le type de producteur, le type de culture et l'état de nature (tableau 3). $Y(j, k, p)$, représente le rendement à l'hectare de la culture (j) du type de producteur (p) dans l'état de nature (k).

Tableau 3: Rendements des cultures selon les états de nature et le type de producteur

		Daboura			Sidéradougou		
		man	Pa	ga	man	pa	Ga
sorgho	k1	761	975	975	664	834	880
	k2	875	1080	1125	811	867	896
	k3	-	-	-	858	952	931
maïs	k1	900	1250	1480	761	911	1277
	k2	1450	1825	2194	1266	1665	1818
	k3	-	-	-	1367	1882	1904
coton	k1	621	1028	1197	589	1007	1164
	k2	750	1174	1208	687	1015	1193
	k3	-	-	-	919	1274	1351

❖ Les besoins en main-d'œuvre

Le besoin en main d'œuvre varie en fonction des cultures et des périodes d'activités (tableau 4). Nous distinguons deux périodes : la période d'installation, et celle de l'entretien des cultures. Désignons par : $bmo(j, p, per1)$ le besoin en travail pour l'installation ($per1$) de la culture (j) et du producteur (p) en nombre de jour par personne et par hectare ; $bmo(j, p, per2)$ le besoin en travail de la période pour l'entretien ($per2$) de la culture (j) et du producteur (p) en nombre de jour par personne et par hectare. Dans le cadre de ce travail, nous avons supposé que la disponibilité en main d'œuvre pour la récolte n'est pas limitant étant donné que la récolte va au-delà de la saison des pluies.

Tableau 4 : Besoins en travail des cultures en nombre de jour par ha et par personne

Cultures	Type de producteur	Besoin en main d'œuvre	
		per1	per2
Sorgho	man	48	40
	pa	46	45
	ga	46	50
Maïs	man	73	40
	pa	55	46
	ga	55	51
Coton	man	68	80
	pa	49	90
	ga	49	105

❖ Les coûts de production

Les coûts de production sont fonction du type de culture (tableau 5). Les coûts de production représentent le coût des intrants pour chacune des cultures. Ils ont été évalués sur la base des pratiques culturales des producteurs. Notons par $ctv(j, p)$ le coût total variable de la production d'un hectare de la culture (j) du producteur (p).

Tableau 5 : Coûts totaux de production des différentes cultures (en FCFA/ha)

Village	Daboura			Sidéradougo		
	man	Pa	ga	man	pa	Ga
Type de producteur	man	Pa	ga	man	pa	Ga
sorgho	12500	12500	12500	9000	12000	12500
Maïs	40276	51624	59292	19877	39209	42998
Coton	44258	49836	67216	42262	54462	60522

✓ Les prix des produits agricoles sur les marchés

Dans le cadre de ce travail, nous avons supposé que les producteurs anticipent sur les prix des produits en cours en tenant compte des prix antérieurs et de la physiologie de la campagne en cours pour adopter les choix de production. Le risque lié aux marchés dépendra de celui qui est lié au climat. Ce dernier déterminera l'offre de produits sur les marchés. D'une manière générale, les prix de vente des produits (prix au producteur) sont plus attractifs dans les années de mauvaise pluviosité que les bonnes années (Tableau 6). De ce fait, les prix sont introduits dans les modèles en tenant compte des états de nature (k). Appelons *prix* (j, k) le prix de la culture (j) dans l'état de nature (k).

Tableau 6 : Prix des produits en FCFA/kg selon les types de saison et les localités

Village	Daboura			Sidéradougo		
	k1	k2	k3	k1	k2	k3
sorgho	135	120		145	128	118
Maïs	120	100		135	122	116
Coton	245	245		245	245	245

2.2.3.4. Variables du modèle

Les variables sont les valeurs endogène du modèle c'est-à-dire les valeurs calculées par le logiciel GAMS (MASTERS et VITALE, 1998 ; BOUSSARD et DAUDIN, 1988).

Comme variables de notre modèle, nous pouvons citer :

- la superficie allouée à chaque culture en ha selon le type de producteur (p) noté $X(j, p)$;
- le crédit accordé par la SOFITEX à chaque type de producteur noté $Cred(p)$;
- la production totale céréalière du producteur (p) noté $Prod(c, p)$
avec $c = \{\text{maïs, sorgho}\}$ (8)
- le revenu espéré du producteur (p) noté $Erev(p)$ qui correspond au revenu dans chaque état de nature multiplié par la probabilité que l'état de nature se produise ;
- le revenu du producteur dans chaque état de nature $Rev(k, p)$;
- la fonction objectif à maximiser OB

2.2.3.5. Contraintes du modèle

Les contraintes correspondent aux conditions restrictives aux décisions des producteurs (ADEGBIDI, 2003). Nous distinguons les contraintes en ressources physiques (terres), les contraintes en ressources humaines (main-d'œuvre) et les contraintes en ressources financières (capital). A ces contraintes, s'ajoutent la contrainte d'assolement, la contrainte de couverture des besoins céréalières et la contrainte d'un revenu minimum.

✓ La terre

La contrainte en terres (tableau 7) est exprimée par le fait que les besoins en terre des différentes cultures (X) ne doivent pas excéder les superficies cultivables disponibles (Sc). La contrainte en terres du producteur (p) s'écrit :

$$\sum X(j, p) \leq Sc(p) \quad (9)$$

$$X_j \geq 0 \quad (10)$$

Tableau 7 : Superficie cultivable par type d'exploitation (ha)

Villages	Daboura			Sidéradougou			
	Type de	man	pa	ga	man	pa	Ga
producteurs							
superficie		3,5	8	14	4	10	17,2
superficie/actif		0,88	1,14	1,17	1	1,67	1,56

✓ La main-d'œuvre

La disponibilité en main d'œuvre ou la quantité de travail disponible (tableau 8) est déterminée à partir de l'effectif des actifs (*act*) de l'exploitation (familial et salarié) et le nombre de jours disponibles pour les opérations culturales. Désignons par :

- *modisp* (*per*) le nombre de jour disponible dans l'année par période ;
- *pop* (*p*) le nombre total de la population chez le type de producteur (*p*).

La contrainte de la main d'œuvre s'écrit :

$$\sum bmo(j, p, per) * X(j, p) \leq modisp(per) * act(p) \quad (11)$$

Tableau8: Disponibilité en main d'œuvre dans les exploitations

Village	Daboura			Sidéradougou		
	man	Pa	ga	man	pa	ga
Type de producteur	man	Pa	ga	man	pa	ga
pop	8	13	20	8	11	18
actif	4	7	12	4	6	11
Disponibilité en main d'œuvre	496	868	1488	488	708	1542

✓ Le financement des activités de production

Le capital (*cap*) (tableau 9) correspond à la trésorerie de l'exploitation (*liqui*) et au crédit intrant coton (*cred*). Ce capital est destiné à l'achat des intrants (semence, engrais, herbicide et insecticide) et à la rémunération de la main d'œuvre salariée. La valeur du crédit intrant dépend de la superficie cultivée en coton. La contrainte capital du producteur (*p*) s'écrit :

$$\sum ctv(j, p) * X(j, p) \leq cap(p, k) \quad (12)$$

$$\text{Avec : } cap(p, k) = liqui(p) + cred(p, k) \quad (13)$$

$$\text{et } cred(p, k) = [X(cot, p) * 90000] \quad (14)$$

Où $X(cot, p)$ représente la superficie emblavée en coton et 90 000 FCFA est le montant du crédit octroyé par la SOFITEX à l'hectare de coton.

Tableau 9: Disponibilité en capital (FCFA) selon le type de producteur

Village	Daboura			Sidéradougou			
	Type de producteur	man	Pa	ga	man	pa	Ga
Liquidité		25000	100000	200000	25000	75000	160000
Crédit		157500	360000	630000	174400	339830	551660
Capital		182500	460000	830000	199400	414830	711660

✓ La Consommation des produits

Les productions céréalières sont utilisées à des fins multiples. Pendant que la production cotonnière est entièrement commercialisée, la presque totalité de la production céréalière est autoconsommée surtout chez les manuels de la zone (VOGNAN et LALBA, 2003). Ainsi, il est nécessaire d'intégrer dans le modèle une contrainte d'autoconsommation. Cette contrainte consiste à imposer au modèle la production des céréales (c) afin de couvrir les besoins céréaliers des producteurs. Pour le type de producteur (p), désignons par :

$autocons$ le besoin céréalier annuel d'un individu (210kg) ;

$prod(c)$ la production totale de la culture (c).

La contrainte d'autoconsommation s'écrit :

$$autocons * pop(p) \leq \sum prod(c, p) \quad (15)$$

✓ Le risque

La production agricole au Burkina Faso comme dans tous les autres pays sahélien se réalise dans un environnement de risque (OUEDRAOGO et *al.*, 2010). Le risque de production renvoie aux aléas climatiques, aux maladies, aléas sur lesquels le producteur n'a généralement pas d'influence. Selon MORENO (2003), après avoir pris les décisions de production, les conditions naturelles peuvent changer. Dans ces cas, les décisions antérieures deviennent sous-optimales. Dans le cadre de cette étude, la variabilité pluviométrique et les fluctuations annuelles des prix des produits sont les principaux facteurs de risque. L'intégration d'une équation de risque dans le modèle devient nécessaire, afin de garantir au producteur un revenu minimum en cas d'une saison sèche. La contrainte risque pour le type de producteur (p) s'écrit :

$$mirev(p, k_1) \leq \sum [(Y(j, k_1, p) * Pr ix(j, k_1) * X(j, k_1, p)) - ctv(j, p) * X(j, p)] \quad (16)$$

Où : $mirev(p, k_1)$ le revenu minimum du producteur p dans l'état de nature (k_1) et $Y(j, k_1, p)$ est le rendement de la culture (j) dans l'état de nature (k_1) pour le type de producteur (p) .

✓ L'assolement

Le crédit étant directement lié à la production cotonnière, il est pertinent d'introduire une contrainte d'assolement afin de limiter les superficies allouées au coton. Cette contrainte donne aux productions céréalières la chance d'apparaître dans l'assolement. La contrainte d'assolement du producteur (p) s'écrit :

$$asso(p) = X(cot, p) \leq 0,5 * \sum X(j, p). \quad (17)$$

$asso(p)$: la part du coton dans l'assolement du producteur (p)

2.2.3.6. Fonction objectif

La fonction objectif est l'expression de l'objectif du producteur (DEYBE, 1991). Dans ce cas précis, nous avons formulé l'hypothèse sur la base de la théorie économique que l'objectif de l'exploitant agricole est la maximisation du revenu sous différentes contraintes. La fonction objectif de chaque type de producteur correspond au revenu espéré ($Erev$), la somme des revenus dans chaque état de nature (Rev) multiplié par la probabilité que chaque état de nature se produise.

OB correspond au revenu des trois types de producteurs.

L'équation du modèle est donc la suivante :

$$MaxOB = \sum_{p=1}^3 Erev(p) \quad (15)$$

$$Erev(p) = \sum Prob(k) * Rev(k, p) \quad (16)$$

$$Rev(k, p) = \sum [Y(j, k, p) * Pr ix(j, k) * X(j, p) - ctv(j, p) * X(j, p)] \quad (17)$$

2.2.3.7. Définition de scénarios de simulations

Les scénarii de simulations concernent les alternatives qui sont testées dans les modèles d'exploitation afin de proposer les meilleures options de production.

Dans le contexte de ce travail, trois scénarii sont simulés.

Scénario1 : ce scénario est basé sur le fait que différentes hypothèses de prévisions saisonnières sont réalisées par le producteur. On peut ainsi formuler 04 hypothèses:

- une hypothèse où le producteur ne dispose pas d'information sur le type de saison (q_0) ;
- une hypothèse où le producteur prévoit l'occurrence d'une saison sèche (q_1) ;
- une hypothèse où le producteur prévoit l'occurrence d'une saison moyenne (q_2) ;
- une hypothèse où le producteur prévoit l'occurrence d'une bonne saison (q_3).

Scénario2 : ce scénario représente une situation dans lequel la SOFITEX réduit la valeur du crédit intrant coton octroyé à l'hectare du coton. Ce scénario permet d'évaluer le niveau de dépendance des productions céréalières vis-à-vis de la production cotonnière.

Scénario3 : ce scénario consiste à introduire une assurance indicielle (climatique) basé sur le crédit coton.

2.2.3.8. Calibration et validation du modèle

La calibration consiste à comparer d'un point de vue du décideur la qualité des prescriptions du modèle à celui des solutions qui auraient été retenus sans son aide (BOUSSARD et DAUDIN, 1988). La calibration doit permettre au modèle de refléter le mieux que possible les observations du terrain. Pour ce travail, elle va permettre de s'assurer que le modèle est capable de représenter les choix des productions des producteurs ciblés.

2.2.4. Limites et forces du modèle

Comme le dit MASTERS et VITALE (1998) aucun modèle ne peut capter toute la complexité du monde réel ; notre modèle a de ce fait des limites. En effet, l'échelle temporelle de la collecte des données (10 ans) peut paraître insuffisante pour assurer la fiabilité des données sur les rendements et sur les prix en fonction de l'occurrence des trois saisons.

Par contre, la prise en compte de la diversité des exploitations et du risque climatique constitue une force au modèle. Les plans optimaux de productions sont adaptés à la diversité économique des exploitations. Pour OUEDRAOGO (2005), la modélisation des exploitations constitue le point de départ pour la formulation de politiques adaptées au mieux aux diversités individuelles. La prise en compte du risque climatique permet de réduire les pertes de récoltes dues à la variabilité climatique.

CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Analyse des prévisions saisonnières

3.1.1. Prévisions saisonnières paysannes

Les prévisions paysannes consistent d'une part à déterminer le début et la fin de la saison des pluies et d'autre part à prédire la nature de la saison future en termes de quantité d'eau totale tombée. Ces prévisions, basées sur l'observation de certains phénomènes naturels tels que le comportement de certains oiseaux, la phénologie de certaines espèces végétales, la direction du vent etc., portent aussi sur la détermination des journées de pluie pendant la saison hivernale.

3.1.1.1. Indicateurs de l'évolution de la saison des pluies

Les principaux indicateurs de l'évolution de la saison sont résumés dans le tableau (10 et 11).

Tableau10 : Indicateurs biologiques de l'évolution de la saison des pluies

Indicateur	Noms scientifiques	Nom en français	Caractéristique	Indication	Localité
plante	<i>Manguijera indica</i>	manguier	-fin de la maturation	-début de la saison	les deux sites
plante	<i>Lannea microcarpa</i>	raisin sauvage	-pleine maturation	-début de la saison	les deux sites
plante	<i>Saba Senegalensis</i>		-pleine maturation	-début de la saison	les deux sites
plante	<i>Vitelaria paradoxa</i>	karité	-début de la maturation des fruits -fruits en pleine maturité	-début de la saison -pleine saison	les deux sites
plante	<i>Faidherbia albida</i>		-perte totale des feuilles -pleine feuillaison	-début de la saison -fin de la saison	les deux sites
plante	<i>Detarium microcapum</i>		-début de la floraison	-fin des semis	les deux sites
plante	<i>Pilostigma toningii</i>		-fructification	-fin des semis	les deux sites
plante	<i>Parkia biglobosa</i>	nééré	-pleine maturation	-début de la saison	les deux sites
oiseau	<i>Tockus natus</i>	calao	-migration nord-sud -migration sud-nord	-début de la saison -fin de la saison	les deux sites les deux sites

Source : Données de l'enquête, mars 2011

Tableau11 : Autres indicateurs de l'évolution de la saison des pluies

Indicateur	Caractéristique	Indication	Localité
nuage	beaucoup	fin de la saison	les deux sites
tonnerre	Grondement fort	fin de la saison	les deux sites

Source : Données de l'enquête, mars 2011

Le tableau 10 montre que la pleine maturation des fruits de *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Saba senegalensis*, la perte des feuilles de *faidherbia albida*, la fin de la maturation des fruits de *Manguifera indica* indique le début de la saison des pluies. Le déplacement de *Tockus natus* en groupe du nord vers le sud, la construction massive des termitières sont autant d'indices du début de la saison. La fin de la saison est surtout marquée par le retour de *Tockus natus* (déplacement Sud-nord), la pleine feuillaison de *Faidherbia albida*, le début de la floraison de *Detarium microcapum* et la fructification de *Pilostigma toningii*.

Des phénomènes naturels (tableau 11) tels que la rareté des nuages et le grondement (fort) du tonnerre sont aussi des indices de la fin de la saison. Les producteurs creusent aussi le sol pour apprécier la profondeur de l'humidité après les premières pluies. Ils commencent à semer lorsque la profondeur de l'humidité est supérieure ou égale à 20 cm.

Selon les producteurs, la prévision du début et la fin de la saison les oriente dans l'exécution du calendrier cultural. Elle permet de déterminer les périodes optimales de semis, toute chose ayant un impact très positif sur les rendements (SOME, 1989).

3.1.1.2. Facteurs de prévisions saisonnières

Les résultats de l'enquête montrent que les producteurs des deux villages ne se réfèrent pas toujours aux mêmes facteurs pour prédire le type de saison (tableau 12).

Tableau 12 : Indicateurs biologiques de la prévision saisonnière

Indicateur	Nom en français	Nom scientifique	Comportement	Type de saison	Localité
oiseau	mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	-déplacement du nid vers le bas des arbres du marigot -pas de déplacement	-mauvaise -bonne	les deux sites
oiseau	chauve-souris	<i>Chiroptera Sp.</i>	-déplacement du nid vers le bas des arbres -pas de déplacement	-mauvaise -bonne	les deux sites
insecte	fourmis		-déplacement avec les œufs vers les collines -pas de déplacement	-bonne -mauvaise ou moyenne	Daboura
insecte	termites	<i>Reticuliterme Sp.</i>	-abondance en début de saison -déplacement avec les œufs vers les pentes -installation auprès des bas-fonds	-bonne -moyenne;	les deux sites
animaux	mouton, chèvre	<i>Ovis aries,</i> <i>Capra aegagrus hircus</i>	-bonne reproduction en saison sèche -mauvaise reproduction	-mauvaise -bonne	Sidéradougou

Source : Données de l'enquête, mars 2011

Tableau 13 : Autres indicateurs de la prévision saisonnière

Indicateur	Caractéristique	Indication	Localité
Tombée de la première pluie de l'année	-la nuit	-bonne saison	-les deux sites
	-la journée	-mauvaise saison	-les deux sites
Grande étoile	-Apparition en début de la saison	-bonne saison	-les deux sites
	-Absence en début de la saison	-mauvaise saison	-les deux sites
Intensité et fréquence de la pluie	Forte	Bonne saison	-les deux sites
	faible	Mauvaise saison	-les deux sites

Source : Données de l'enquête, mars 2011

Le tableau 12 montre qu'à Daboura, le déplacement des fourmis avec leurs œufs vers les collines en début de la saison prédit une bonne année de pluviosité alors que, la stabilisation des fourmis dans les endroits habituels prédit une mauvaise pluviosité.

A Sidéradougou, les producteurs estiment qu'une bonne reproduction des petits ruminants pendant la saison sèche prédit une année de mauvaise pluviosité. Par contre une mauvaise reproduction de ces animaux prédit une année de bonne pluviosité.

Il existe cependant des points communs de prévisions chez les producteurs des deux villages. Dans les deux villages, le déplacement du nid de *Chiroptera Sp.* et de *Parus major* du haut

vers le bas des arbres est considéré comme un indice de mauvaise pluviosité. Par contre, le déplacement du nid de ces oiseaux du bas vers le haut des arbres indique une bonne année pluviosité. Ces oiseaux déplacent leur nid afin qu'ils ne soient pas inondés par les niveaux élevés des eaux du marigot. Les années de pluviosité moyenne sont surtout indiquées par l'installation des termites près des bas-fonds.

Les producteurs des deux villages estiment aussi que la tombée de la première pluie de l'année pendant la journée prédit une année de mauvaise pluviosité (tableau 13).

La prévision saisonnière paysanne a pour intérêt d'orienter les producteurs dans le choix des options de production en synergie avec le type de la saison des pluies.

3.1.1.3. Indicateurs d'une pluie en cours dans la journée

Les résultats des enquêtes montrent que les producteurs des deux villages se réfèrent essentiellement au comportement des termites, des fourmis, de certains oiseaux et à la direction du vent pour prédire une pluie en cours dans la journée (tableau 14).

Tableau 14 : Indicateurs d'une pluie dans la journée

Indicateur	Nom scientifique	Caractéristique	Indication	Localité
fourmis		-déplacement avec les œufs le matin	-pluie dans la journée	les deux sites
termites	<i>Reticuliterme Sp</i>	-déplacement avec les œufs le matin	-pluie dans la journée	les deux sites
oiseau de la pluie	<i>Picus Sp</i>	-chante le matin	-pluie dans la journée	les deux sites
vent		-déplacement vers l'est	-pluie dans la journée	les deux sites
lombric	<i>Lumbricus Sp</i>	-apparition le matin	-pluie dans la journée	les deux sites
la chaleur		-forte	-pluie dans la journée	les deux sites

Source : Données de l'enquête, mars 2011

Selon les producteurs enquêtés dans les deux villages, une hausse relative de la chaleur en début de la journée indique l'occurrence d'une pluie en cours dans la journée. Le déplacement du vent de l'ouest vers l'est, le déplacement des fourmis avec des œufs dans la matinée, les chants de *Picus Sp*, l'apparition des lombrics sur des terrains secs dans la matinée sont autant de facteurs qui prédisent une pluie en cours dans la journée.

Pour les producteurs, ces prévisions servent à la planification des activités journalières.

3.1.2. Utilisation des informations météorologiques

Les résultats de l'enquête montrent que la quasi-totalité des producteurs, en l'occurrence 100% à Daboura et 90% à Sidéradougou, combinent les informations météorologiques à leur savoir local de prévision pour la planification des activités et l'exécution du calendrier cultural. Pour ces producteurs, même si les informations météorologiques ne sont pas à 100% fiables, elles permettent d'analyser la cohérence avec celles au niveau du village pour la prise de décision dans ce contexte de fortes variabilités climatiques. Ils estiment que la qualité des prévisions saisonnières locales diminue avec le phénomène des changements climatiques. De ce fait, ils utilisent les informations de la météorologie depuis plus de dix ans grâce à la diffusion des informations par les agents de terrain de la SOFITEX et par l'installation de pluviomètres chez certains producteurs.

3.2. Analyse des pratiques culturelles paysannes

Il s'agit ici de comparer l'allocation des terres aux différentes cultures, les revenus issus de ces cultures aux résultats du modèle de base (modèle sans simulation). Il faut noter que la solution du modèle retient toutes les principales cultures pratiquées par les producteurs des deux villages sauf le sorgho qui n'est pas cultivé par les gros attelés de Sidéradougou à l'optimum.

3.2.1. Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures

✓ A Daboura

L'allocation des terres aux cultures dans les exploitations montre une différence entre les superficies optimisées (résultat du modèle) et les superficies observées (figure 3)

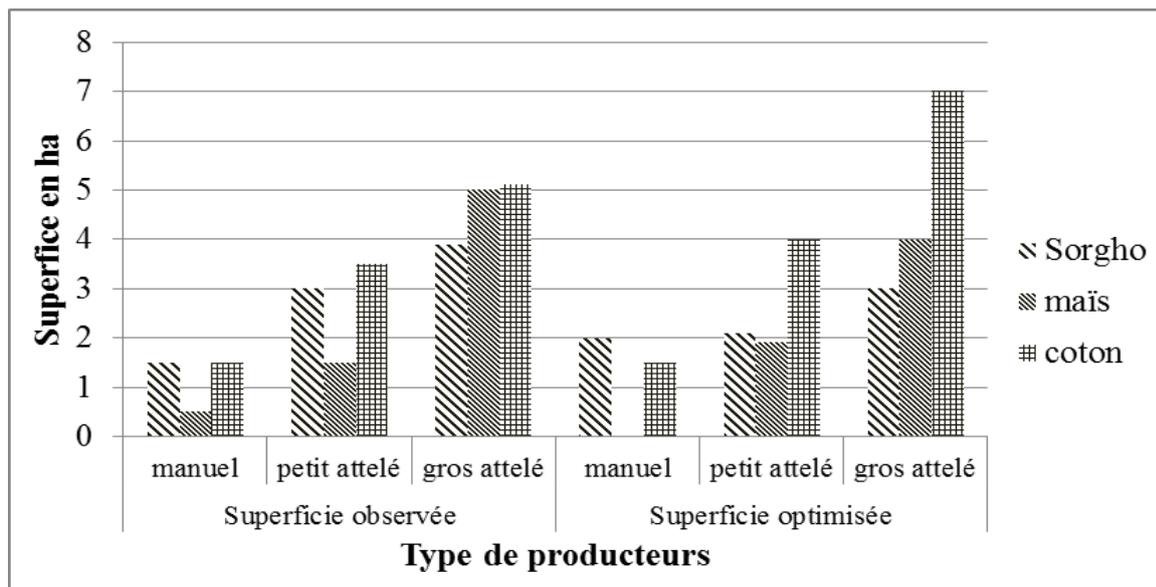


Figure 3 : Allocation des superficies aux cultures dans les exploitations de Daboura

A l'optimum, le modèle suggère:

- pour les manuels une augmentation de la superficie du sorgho de 33,3 % et la suppression du maïs dans l'assolement ; pour le coton la pratique actuelle des manuels est jugée déjà optimale par le modèle;
- pour les petit attelés, une réduction de la superficie du sorgho de 30 % mais une augmentation de celle du maïs et du coton respectivement de 26,7 % et de 14,3 % ;
- pour les gros attelés, une réduction de la superficie du sorgho de 23,1 % et celle du maïs de 40 % mais une augmentation de celle du coton de 37,3 % par rapport aux pratiques actuelles des manuels.

La suppression du maïs dans l'assolement des manuels au profit du sorgho serait liée à la contrainte financière car les coûts de production du sorgho sont plus faibles que ceux du maïs. Les manuels ont non seulement une capacité d'autofinancement faible, mais aussi une superficie en coton qu'ils ne peuvent plus augmenter étant donné qu'elle est déjà optimale. Alors qu'en zone cotonnière, la production du maïs se réalise en grande partie grâce aux intrants du coton. Donc, plus la superficie du coton est grande plus les producteurs ont la possibilité de faire du maïs et c'est ce qu'on observe chez les petits et les gros attelés.

✓ A Sideradougou

L'analyse comparative des superficies optimisées et des superficies observées montrent quelques différences (figure 4).

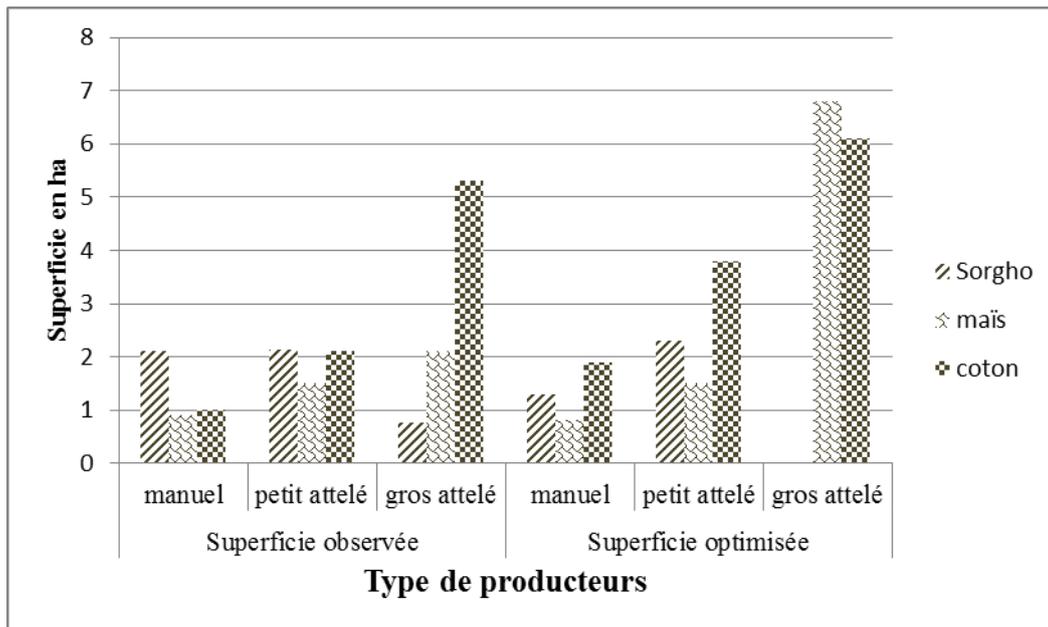


Figure 4 : Allocation des superficies aux cultures chez les producteurs de Sidéradouougou

Le modèle propose à l'optimum :

- pour les manuels, une réduction de la superficie de sorgho de 38,1 % et de celle du maïs de 11,11 % mais, une augmentation de la superficie du coton de 90 % ;
- pour les petits attelés, une augmentation de la superficie du sorgho et du coton respectivement de 8,5 % et de 81 % par rapport aux pratiques paysannes ;
- pour les gros attelés, la suppression de la culture du sorgho et une augmentation de celle du maïs et du coton respectivement de 88,7 % et de 15,1 %.

Contrairement aux manuels de Daboura, la superficie de coton de ceux de Sidéradouougou n'est pas optimum en pratique réelle si bien que le modèle suggère une augmentation considérable de la superficie de cette culture. Ce qui permet aux manuels de conserver à l'optimum le maïs dans son assolement maïs avec une légère réduction de sa superficie.

Le modèle oriente les gros attelés vers une agriculture plus intensive en éliminant le sorgho dans son assolement. Il faut noter que la terre ne constitue pas une contrainte chez les gros attelés. Ils peuvent donc jouer sur la superficie du coton pour obtenir des intrants pour faire du maïs si la contrainte de la main d'œuvre leur permet.

3.2.2. Revenu des producteurs

La différence entre les superficies observées et les superficies optimisées se répercute sur les revenus par un écart entre les revenus observés et les revenus optimisés des différents types de producteurs (figure 5).

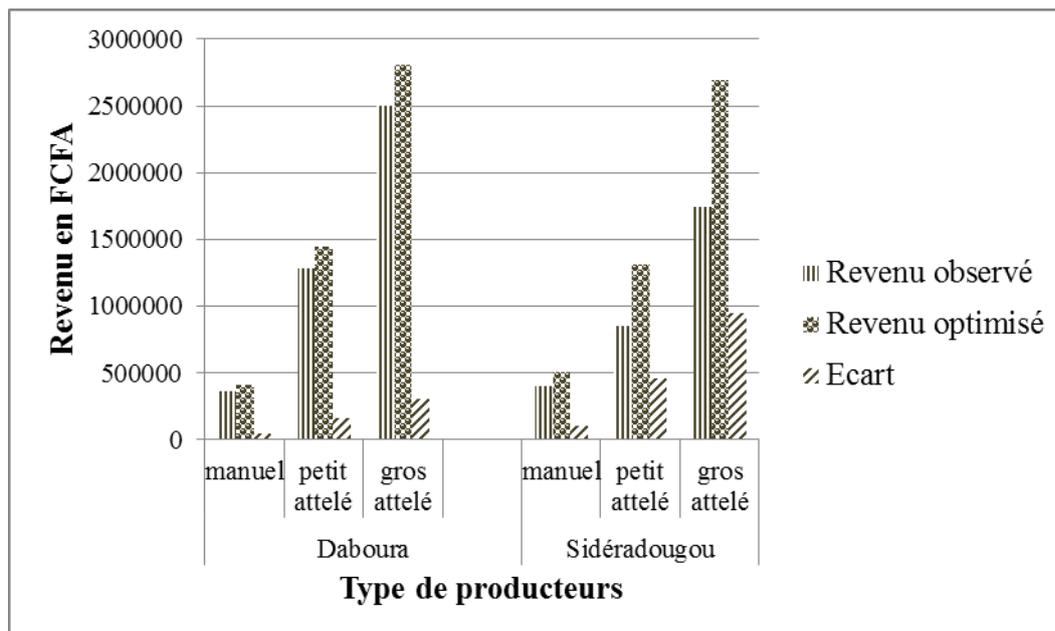


Figure 5 : Les revenus optimaux des producteurs selon le modèle de base

La figure 5 montre que les revenus des trois types d'exploitations dans chaque village sont en deçà de l'optimum des revenus. L'adoption des plans optimaux d'allocation des terres aux cultures permet d'obtenir l'optimum de revenu.

❖ A Daboura

L'optimum de revenu est estimé à 408640 FCFA, à 1446300 FCFA et à 2810300 FCFA respectivement pour les manuels, les petits et les gros attelés. L'écart entre le revenu observé et le revenu optimisé est estimé à 12,5 % chez les manuels et à 12,4 % chez les petits et les gros attelés.

❖ A Sidéradougou,

Le revenu optimum est estimé à 504890 FCFA, 1312600 FCFA et 2694100 FCFA respectivement pour les manuels, les petits et les gros attelés. L'écart entre le revenu observé et celui optimisé est de 25,8 % chez le manuel, de 53,4% chez le petit attelé et de 54,8 % chez les gros attelés.

L'analyse selon les conditions agro climatiques montre que les producteurs de Daboura maximisent mieux leurs revenus par rapport à ceux de Sidéradougou. La production agricole est plus intensifiée à Daboura qu'à Sidéradougou car les superficies cultivables de Daboura sont saturées ce qui les contraint à intensifier. Par contre à Sidéradougou, la terre ne constitue pas une contrainte sauf chez les manuels. Par ailleurs la production végétale ne constitue pas la seule source du revenu pour les producteurs de Sidéradougou. Ces derniers pratiquent

beaucoup le commerce et ceci explique leur contrainte en main d'œuvre avec un taux journalier qui est le double de celui de Daboura soit 1000FCFA contre 500FCFA.

3.3. Analyse de l'effet des scénarii de simulation

3.3.1. Effet des prévisions saisonnières sur l'assolement et les revenus des producteurs

Pour évaluer l'effet de la prévision saisonnière sur le revenu des exploitations, chaque type de producteur est représenté dans quatre situations :

- une situation où le producteur ne dispose d'aucune information sur le type de saison (q0) ;
- situation où il a l'information d'une prévision de mauvaise pluviosité (q1) ;
- une situation où il a l'information d'une prévision de pluviosité moyenne (q2) ;
- une situation où il à l'information d'une prévision de bonne saison (q3).

3.3.1.1. Effet sur l'allocation des terres aux cultures

❖ Les manuels

Les résultats de simulation montrent que le comportement des exploitations manuelles face à la prévision saisonnière en termes d'assolement diffère d'un village à un autre (figure 6).

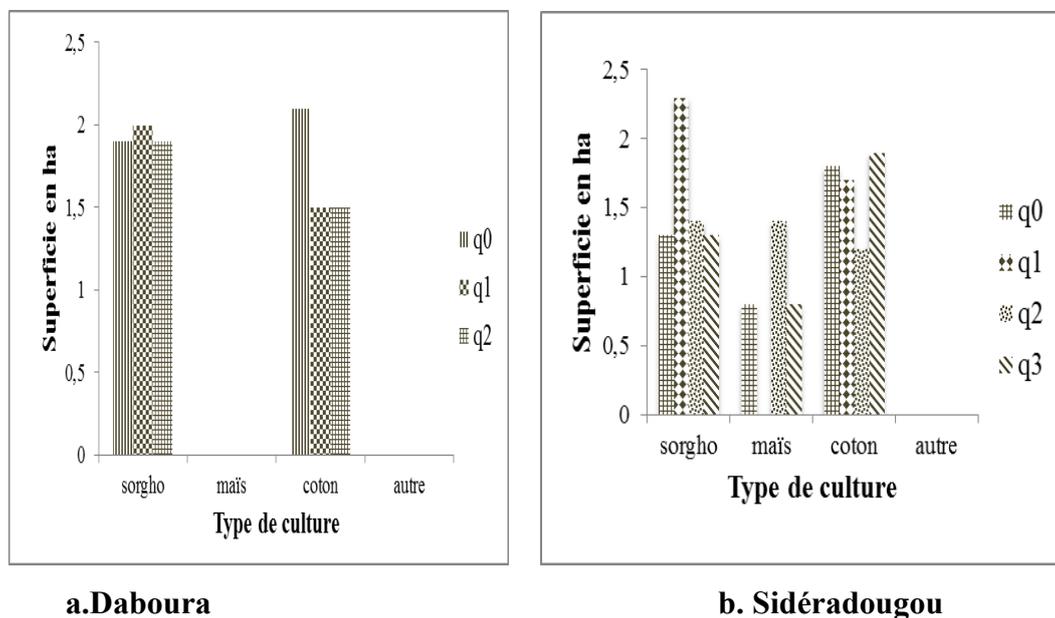


Figure 6 : Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures chez les manuels

✓ A Daboura

La figure 7 (a) montre que si les manuels n'ont pas d'information sur l'état prévisionnel de la saison (q0), ils font 1,9 ha de sorgho et 2,1 ha du coton pour optimiser leur revenu. Lorsqu'ils

disposent de l'information d'une saison sèche, la superficie du sorgho augmente de 5,3 % et celle du coton diminue de 28,6 % par rapport à q0. Ils réduisent leur superficie du coton pour minimiser les risques d'endettement. Par contre, pour une prévision de saison moyenne (q2), la superficie du sorgho ne change pas. Celle du coton diminue de 28,6 % par rapport à q0. Le modèle suggère la suppression du maïs dans l'assolement quelque soit le scénario climatique.

✓ A Sidéradougou

Lorsque les manuels n'ont pas d'information sur l'état prévisionnel de la saison, leur assolement porte sur le sorgho, le maïs et le coton avec des superficies respectives de 1,3 ha, 0,85 ha et 1,8 ha. Par contre, s'ils ont l'information d'une année sèche, on note la suppression du maïs au profit du sorgho qui augmente de 76,9 %. Lorsqu'il s'agit d'une prévision de saison moyenne, la superficie du sorgho et du maïs augmente respectivement de 7,7 % et de 41,2 % par rapport à q0, celle du coton diminue de 33,33 %. Pour une prévision de saison bonne, la superficie du sorgho et du maïs ne change pas par rapport à q0 alors que celle du coton augmente de 5,6 %.

❖ Les petits attelés

Les résultats de simulation montrent que seules les prévisions d'une saison sèche modifient l'allocation des terres aux cultures chez les petits attelés (figure 7).

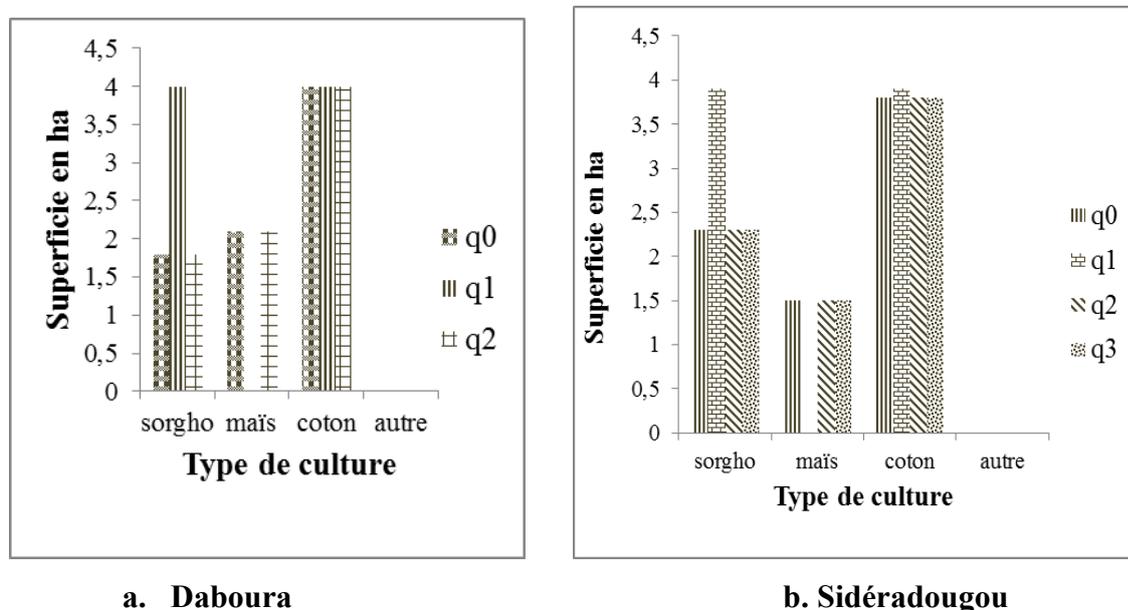


Figure 7: Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures chez les petits attelés

✓ A Daboura

A l'optimum, les résultats de simulation montrent que l'assolement reste le même pour les scénarii de q0 et q2. Dans ces situations, les petits attelés font 1,8 ha de sorgho; 2,1 ha de maïs et 4 ha de coton. Cependant, pour une prévision de saison sèche, le maïs disparaît dans l'assolement au profit du sorgho dont la superficie augmente de 122,2 % par rapport à q0. La suppression du maïs dans l'assolement s'expliquerait par le fait qu'il supporte difficilement le stress hydrique par rapport au sorgho.

✓ A Sidéradougou

La prévision d'une saison sèche entraîne la suppression du maïs au profit du sorgho et du coton. Ainsi, la superficie du sorgho passe de 2,3 à 3,9 ha celle du coton de 3,8 à 3,9 ha soit une augmentation de la superficie du sorgho de 69,6 % et celle du coton augmente de 2,6 % par rapport à q0. Les prévisions de bonne et de saison moyenne n'affectent pas l'assolement des petits attelés.

❖ Les gros attelés

Les prévisions saisonnières ont un effet seulement sur l'assolement des gros attelés de Daboura. Les gros attelés de Sidéradougou ne sont pas sensibles aux prévisions saisonnières (figure 8).

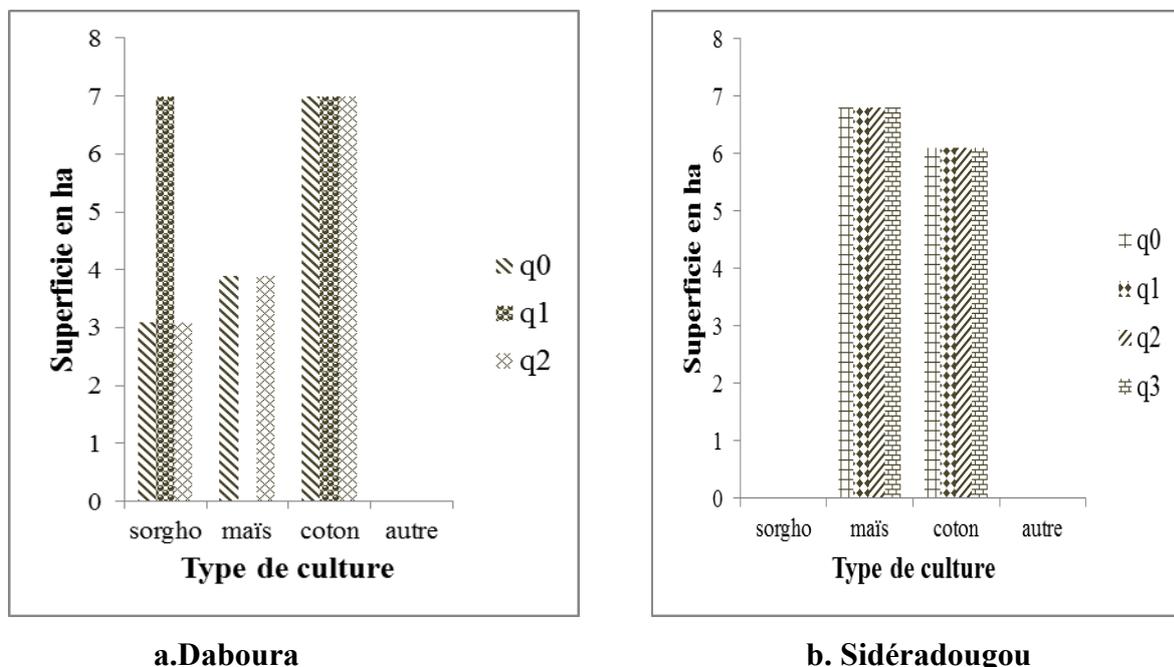


Figure 8 : Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures chez les gros attelés

✓ A Daboura

La figure 8 montre que si les gros attelés disposent de l'information d'une saison sèche, la superficie du sorgho augmente considérablement soit 125,8 % par rapport à q0. Pour une prévision de saison moyenne, l'assolement ne change pas par rapport à q0 soit 3,1 ha de sorgho ; 3,9 ha de maïs et 7 ha de coton.

✓ A Sidéradougou

La figure 8 montre que quel que soit le scénario climatique, les gros attelés ne produiraient pas du sorgho. Ils font 6,8 ha de maïs et 6,1 ha de coton pour obtenir un revenu optimum.

L'insensibilité des gros attelés aux prévisions saisonnières résulterait du fait que la différence des rendements des cultures entre les types de saisons est relativement faible.

3.3.1.2. Le revenu

L'effet des prévisions saisonnières sur le revenu dépend de son effet sur l'assolement.

❖ Les manuels

L'effet des prévisions saisonnières sur les revenus des manuels varie d'un village à un autre (figure 9).

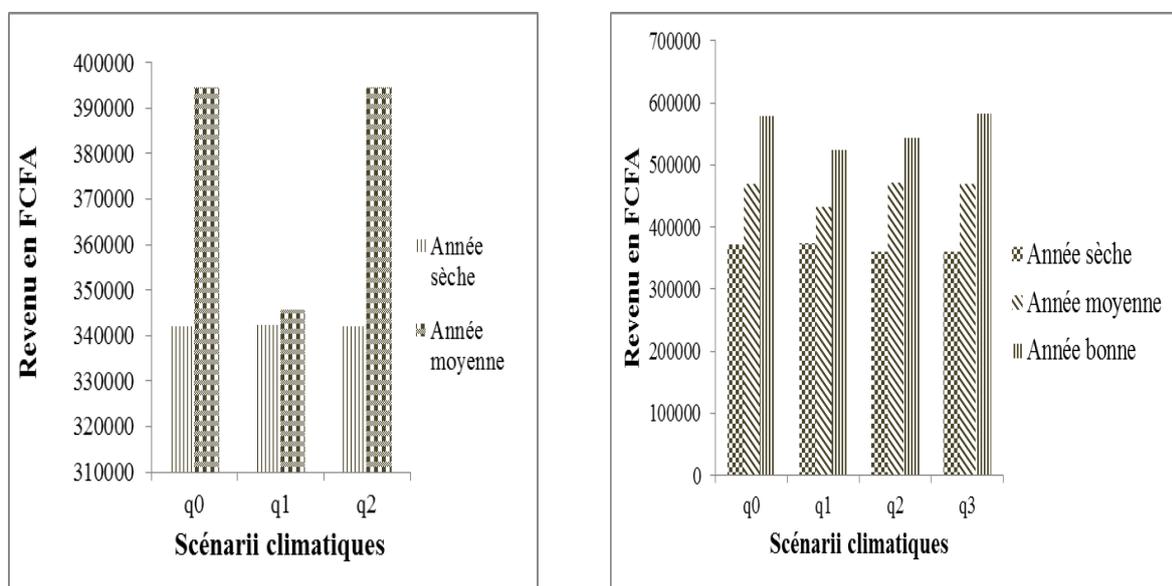


Figure 9 : revenus optimaux des manuels selon les scénarii climatiques

✓ **A Daboura**

A l'optimum, les résultats du modèle montrent que si les manuels n'ont pas d'information sur le type de saison et qu'une année sèche se produit, leur revenu est de 342000 FCFA. Si une saison moyenne se produit leur revenu serait de 394740 FCFA. Les revenus ne varient pas pour une prévision de saison moyenne par rapport à q_0 . Cependant, une prévision de saison sèche, lorsqu'elle se réalise entraîne une augmentation du revenu de 0,1 % par rapport à q_0 . L'avènement d'une saison moyenne pour une prévision de saison sèche entraîne une réduction du revenu de 12,4 % par rapport à q_0 .

✓ **A Sidéradougou**

La figure 9 montre que si les manuels ignorent l'état de la saison et qu'une saison sèche se réalise, leur revenu est de 372450 FCFA. Lorsqu'une saison moyenne ou une saison bonne se réalise leur revenu est respectivement de 470320 FCFA et 578400 FCFA.

Pour une prévision de saison sèche, lorsque celle-ci se réalise, le revenu des manuels augmente de 0,5 % par rapport à q_0 . Lorsqu'une saison moyenne ou une saison bonne se produit à la place de la saison sèche, le revenu diminue respectivement de 8 % et de 9,4 %.

Pour une prévision de saison moyenne, lorsqu'elle se réalise, le revenu augmente de 0,1 %. Lorsqu'une saison sèche ou une saison bonne se réalise à la place de la saison moyenne, le revenu diminue respectivement de 3,3 % et de 5,9 % par rapport à q_0 . Lorsque les manuels ont l'information d'une bonne saison et que celle-ci se réalise leur revenu augmente de 0,8 % par rapport à q_0 . Par contre si une saison sèche se produit la réduction du revenu est estimée à 3,3 %. Si la saison est moyenne, le revenu augmente de 0,01 %.

Les manuels de Sidéradougou sont plus sensibles aux effets des prévisions saisonnières que ceux de Daboura. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le système de production des manuels de Daboura est plus intensif que celui de ceux de Sidéradougou.

❖ **Les petits attelés**

Le revenu des petits attelés est sensible seulement aux prévisions saisonnières de saison sèche (figure 10).

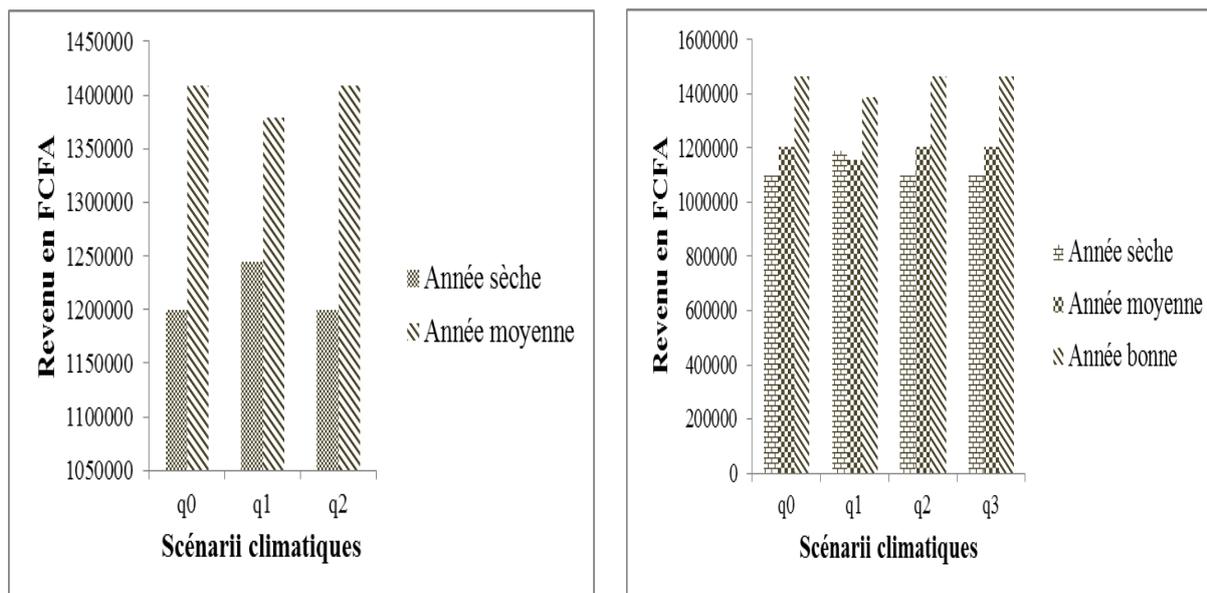


Figure 10 : revenus optimaux des petits attelés selon les scénarii climatiques

✓ **A Daboura**

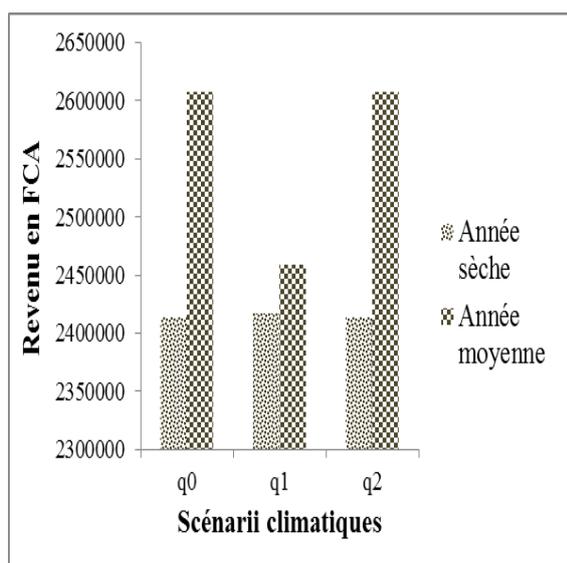
La figure 10 montre que si les petits attelés n'ont pas d'information sur l'état prévisionnel de la saison, leur revenu est de 1200000 FCFA et de 1408800 FCFA respectivement pour la réalisation d'une saison sèche et d'une saison moyenne. Ces revenus ne varient pas pour une prévision de saison moyenne. Par contre, la prévision d'une saison sèche entraîne une augmentation du revenu de 3,7 % par rapport à q0 si la prévision se réalise et une réduction du revenu de 2,1 % lorsqu'une saison moyenne se produit pour une prévision de saison sèche.

✓ **A Sidéradougou**

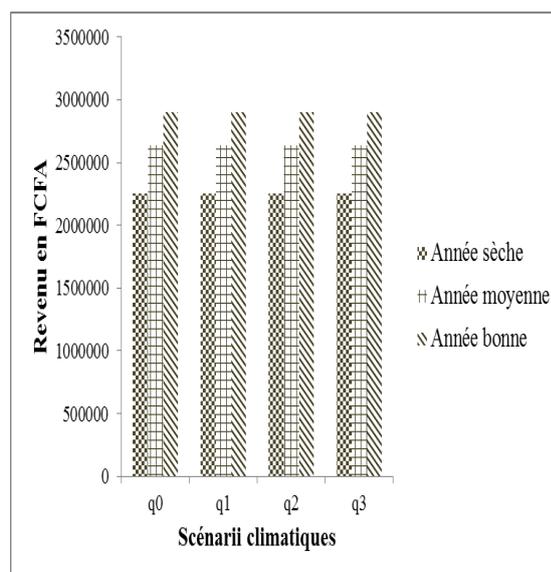
Lorsque les petits attelés ignorent l'état prévisionnel de la saison et qu'une saison sèche se réalise leur revenu est de 1100000 FCFA, lorsque la saison est moyenne ou bonne, leur revenu est respectivement de 1203200 FCFA et de 1463200 FCFA. Par contre une prévision de saison sèche entraîne une augmentation du revenu de 5,2 % par rapport à q0 si la prévision se réalise. Alors qu'une prévision de saison sèche à la place d'une saison moyenne ou d'une saison bonne entraîne une réduction du revenu respectivement de 1,2 % et de 5 % par rapport à q0. Les prévisions de saison moyenne et de saison bonne n'ont pas d'effet sur le revenu.

❖ **Les gros attelés**

Les résultats de simulation montrent que les prévisions de saison sèche modifient le revenu des gros attelés (figure 11).



a. Daboura



b. Sidéradougou

Figure 11 : Revenus optimaux des gros attelés selon les scénarii climatiques

✓ A Daboura

La figure 11 montre que si les gros attelés ignorent l'état de la saison leur revenu serait de 2413000 FCFA et 2606800 FCFA respectivement pour la réalisation d'une saison sèche et d'une saison moyenne. Le revenu ne varie pas pour une prévision de saison moyenne. Par contre, une prévision de saison sèche lorsqu'elle se réalise entraine une augmentation du revenu de 0,1 % par rapport à q0. Alors qu'une prévision de saison sèche à la place d'une saison moyenne entraine une perte de revenu de 5,7 %.

✓ A Sidéradougou

Les prévisions saisonnières n'ont pas d'effet sur le revenu des gros attelés. Qu'ils soient informés de l'état de la saison ou pas leur revenu ne change pas. Le revenu des gros attelés est de 2255900 FCFA pour une réalisation de saison sèche, de 2635000 FCFA pour une saison moyenne et de 2904800 FCFA pour la réalisation d'une saison sèche.

3.3.2. Effet d'une réduction de la valeur du crédit coton sur l'assolement et le revenu

3.3.2.1. Effet sur l'assolement

L'impact du crédit sur la production se traduit selon les villages par la réduction de la superficie de certaines cultures, voire l'abandon de toute production végétale pour obtenir un revenu maximum. Ainsi, une réduction du crédit de plus de 10 % entraine la suppression de la production à Sidéradougou alors que les producteurs de Daboura continueraient à produire

jusqu'à 40 % de réduction du crédit (figure 12). Ceci montre une bonne capacité d'autofinancement des producteurs de Daboura par rapport à ceux de Sidéradougou.

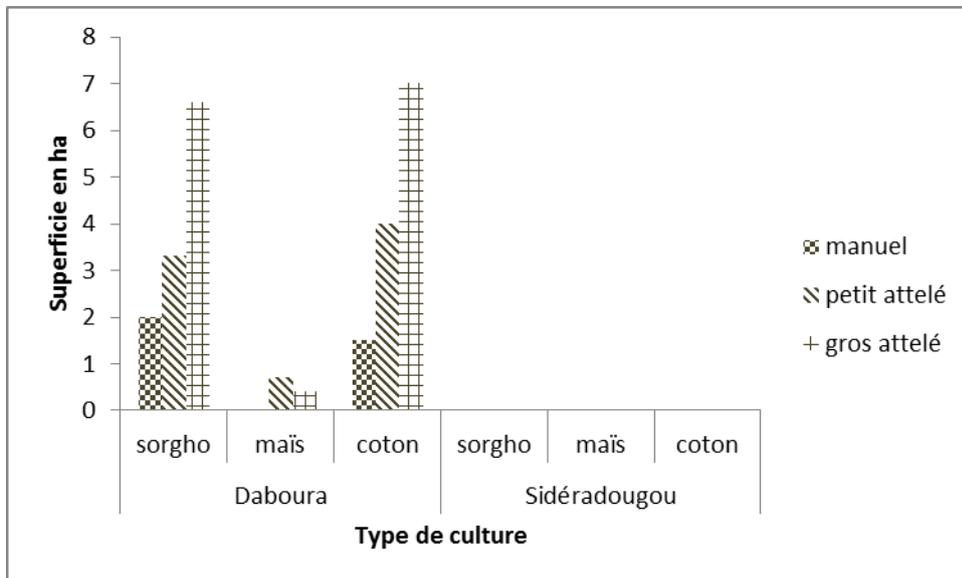


Figure 12 : plans optimaux d'allocation des terres aux cultures

La figure 12 montre qu'une réduction de la valeur du crédit intrant coton entraînerait une réduction de la part du maïs dans l'assolement des producteurs au profit du sorgho. Ainsi, la superficie du maïs serait réduite de 66,7 % et 89,7 % respectivement pour les petits et les gros attelés. Celle du sorgho augmenterait de 83,3 % aussi bien chez les petits attelés que chez les gros attelés. Les superficies du coton ne changeraient pas par rapport au modèle de base. Il faut noter que les manuels sont insensibles à la réduction du crédit.

3.3.2.2. Effet sur le revenu des producteurs de Daboura

La réduction de la valeur du crédit entraîne une réduction du revenu de tous les producteurs sauf les manuels qui sont insensibles à l'effet crédit (figure 13).

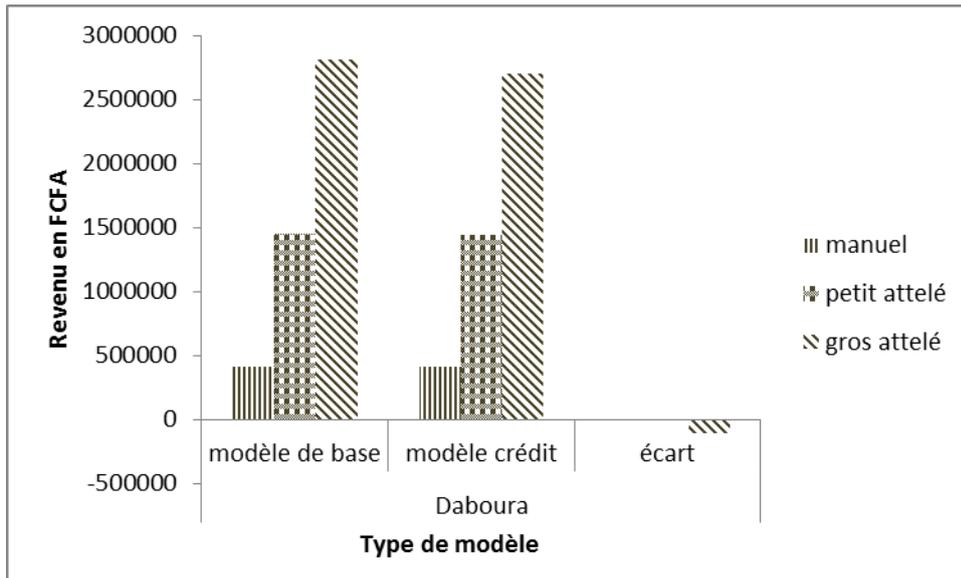


Figure 13 : Revenus optimaux selon le scénario de crédit

La réduction des superficies du maïs se répercute sur le revenu des petits et des gros attelés par une perte respective de 11300 FCFA (7,8 %) et de 114300 FCFA (4 %) par rapport au modèle de base. Le revenu du manuel ne change pas, ce qui signifie que le montant du crédit qui lui est octroyé n'est pas totalement affecté aux cultures ; il est donc plus que nécessaire.

3.3.3. Effet d'une assurance indicielle sur l'assolement et le revenu

3.3.3.1. Effet sur l'allocation des terres aux cultures

L'instauration d'une assurance indicielle consistant à couvrir l'intégrité du crédit intrant coton dans les années de mauvaise pluviosité entraîne la suppression du sorgho dans l'assolement de plusieurs types de producteurs (figure 14).

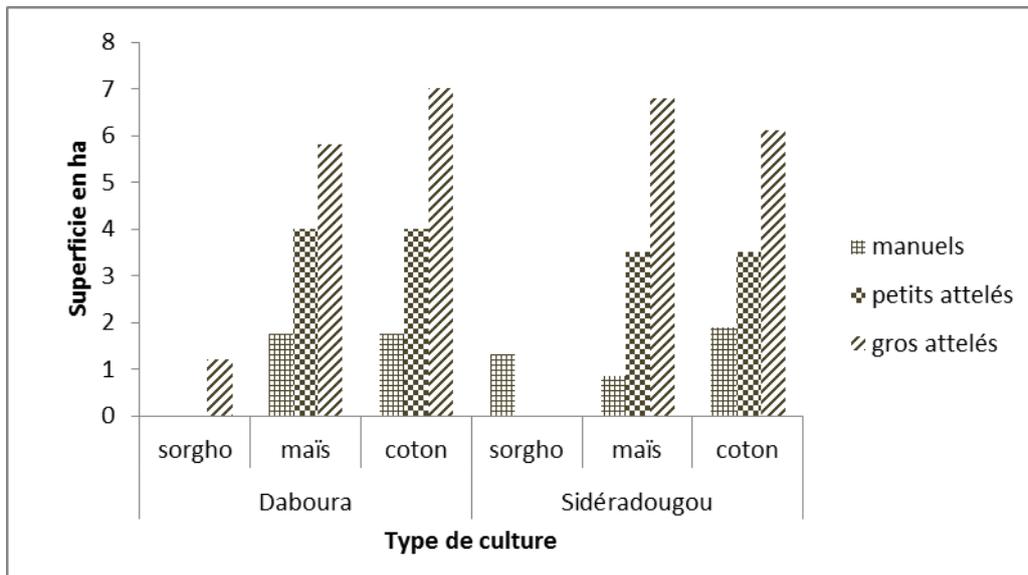


Figure 14 : Allocation optimale des terres aux cultures selon le scénario d'assurance

✓ A Daboura,

L'introduction d'une assurance entraîne la suppression du sorgho dans l'assolement des manuels et des petits attelés au profit du maïs. La superficie du sorgho diminue de 26,67% chez les gros attelés. L'assurance permet aux manuels de faire le maïs. La superficie du maïs augmente de 110,5% et de 45 % respectivement pour les petits attelés et les gros attelés. Quant au coton, sa superficie ne change pas chez les petits et les gros attelés alors qu'elle augmente de 16,67 % chez les manuels.

✓ A Sidéradougou

L'instauration d'une assurance entraîne la suppression du sorgho chez les petits attelés. Chez ces derniers, la superficie du maïs augmente de 133,3 % et celle du coton diminue de 5,3 % par rapport aux résultats du modèle de base.

La superficie du coton chez les manuels diminue 5,2 %. Les gros attelés sont insensibles à l'assurance en termes d'assolement. Le système de production des gros attelés est déjà intensif selon les résultats optimisés du modèle de base même en absence d'assurance car le sorgho n'apparaît pas dans l'assolement.

3.3.3.2. Effet de l'assurance sur le revenu des producteurs

L'effet de l'assurance sur le revenu varie en fonction du type de producteur (tableau 15)

Tableau 15 : Revenu des producteurs selon le scénario d'assurance

Village	Daboura			Sidéradougou		
	manuel	Petit attelé	Gros attelé	manuel	Petit attelé	Gros attelé
Année sèche	442850	1521600	3041500	526430	1331780	2807560
Année moyenne	427380	1433900	2677300	470450	1267000	2635000
Année bonne				578400	1565200	2904800

Source : Résultats de la résolution du modèle avec le scénario d'assurance

✓ A Daboura

Le tableau 13 montre que si une saison sèche se réalise, le revenu des manuels augmenterait de 35,9 %, celui des petits et des gros attelés augmenterait respectivement de 26,8 % et 26 % par rapport aux résultats du modèle de base. Par ailleurs, lorsque la saison est moyenne, l'augmentation du revenu serait de 8,3 %, 1,8 %, 2,7 % respectivement chez les manuels, les petits et les gros attelés. L'augmentation des revenus résulterait de l'augmentation des superficies du maïs et du coton.

De ces résultats, on remarque que les revenus sont meilleurs en année sèche qu'en année moyenne. Les indemnités que l'assureur paye aux producteurs dans le cas d'une saison sèche augmentent leur revenu. En somme, peu importe le type de saison, l'assurance permet toujours une augmentation du revenu des producteurs de Daboura.

✓ **A Sidéradougou**

L'avènement d'une saison sèche entraîne une augmentation du revenu chez tous les producteurs. L'augmentation serait de 49,3 % pour les manuels, de 17,7 % pour les petits attelés et 4,2 % pour les gros attelés. Lorsqu'une saison moyenne se réalise, l'augmentation du revenu s'observe chez les petits attelés soit 5,3 % par rapport au modèle de base. Lorsque la saison est bonne l'augmentation du revenu serait de 7,1 % chez les petits attelés

Pour des saisons moyennes et bonnes, le revenu des manuels et des gros attelés ne change pas

3.4. Discussion générale

L'analyse des modes de prévision saisonnière par les producteurs montre que les producteurs se basent sur l'observation de certains facteurs naturels pour prédire le type de saison. Ces résultats confirment ceux de NACAMBO (2010) et KIENDREBEOGO (2010) qui trouvaient dans d'autres localités du pays que les prévisions paysannes étaient basées sur des facteurs naturels. Cependant, nos résultats montrent en plus que ce mode de prévision perd de sa fiabilité avec le phénomène de changements climatiques.

L'analyse des pratiques culturelles actuelles des producteurs montrent que l'allocation des facteurs de production aux différentes activités de production ne maximise pas le revenu des différents types de producteurs. La différence entre les superficies optimisées et les superficies observées résulterait d'une part de la difficulté pour le producteur à combiner toute une multitude de facteurs (économique, agronomique, climatologique etc.) et d'autre part de l'objectif visé par le producteur qui ne correspond pas forcément à la maximisation du revenu (MENDEZ, 1995). L'objectif du producteur peut être une fonction sociale. Ces résultats sont conformes à ceux de ZONGO (2010) et ADEGBIDI (2003) qui montraient que les producteurs font certaines cultures non pour des raisons économiques mais plutôt pour des raisons sociales et culturelles.

L'analyse des pratiques culturelles montre aussi que l'allocation des terres aux différentes cultures varie en fonction du type de producteurs. Ainsi, pendant que les superficies du maïs sont réduites voire supprimées au profit de celle de sorgho à l'optimum chez les manuels, chez les petits attelés on observe le phénomène inverse. Ces résultats vont dans une certaine mesure à l'encontre de ceux de ZONGO (2010) comparant les agriculteurs, les agro-éleveurs et les éleveurs, qui montraient qu'à l'optimum les superficies du sorgho sont réduites au profit de celles du maïs pour les agriculteurs. Cette disparité avec les résultats de ZONGO (2010) serait liée au fait que ce dernier a fait une typologie basée sur les systèmes de productions alors que notre typologie est basée sur les systèmes de cultures.

L'analyse de l'effet des prévisions saisonnières sur les revenus varie en fonction de l'année prévue et du type du producteur. Ce sont les prévisions de saison sèche qui modifient le plus les revenus des producteurs. Les variations du revenu sont expliquées par l'assolement des exploitants. La prévision de saison sèche entraîne la suppression du maïs dans l'assolement au profit du sorgho. Alors que le sorgho a une marge brute faible que celle du maïs, ce qui explique la faible augmentation du revenu si la saison sèche se réalise. Lorsque

celle-ci ne se produise pas, les producteurs réalisent des pertes de revenus car ils auraient dû faire du maïs. Ces résultats sont conformes à ceux de SULTAN *et al.* (2009) ; de DABIRE *et al.* (2010) et de OUERESSE (2010) qui montraient que les producteurs supprimaient le maïs au profit du sorgho en année sèche pour obtenir un revenu maximum.

Par contre les prévisions de saison moyenne et de saison bonne ainsi que les erreurs de ces prévisions n'ont pratiquement pas d'effet sur les revenus des producteurs à l'exception des manuels. Ces résultats vont à l'encontre de ceux de OUERESSE (2010) et de DABIRE *et al.* (2010) selon lesquels les erreurs de prévisions de tous les types de saisons entraînent une baisse du revenu des producteurs. La différence de nos résultats avec ceux de ces auteurs serait liée à la différence des approches méthodologiques. Ainsi, OUERESSE (2010) a considéré une seule exploitation alors que nous avons défini plusieurs types d'exploitations. DABIRE *et al.* (2010) ont élaboré un modèle pour l'ensemble des producteurs de Pontiéba.

Les effets de la prévision saisonnière sur les revenus sont plus accentués chez les manuels que chez tous les autres types de producteurs en raison de leur faible capacité à répondre à la variabilité climatique compte de la contrainte d'équipement et de main d'œuvre. En somme, l'effet des erreurs de prévisions sur le revenu est d'autant plus élevé que le système de production est extensif. Cela confirme l'assertion de WINOGRAD (2010) selon laquelle la vulnérabilité d'un producteur aux risques climatiques dépend de sa capacité d'adaptation.

L'analyse de l'effet de la réduction de la valeur du crédit intrant entraîne la réduction des revenus des petits attelés et des gros attelés de Daboura et la suppression de toute production végétale à Sidéradougou. En d'autres termes, il serait plus profitable pour le producteur de Sidéradougou d'allouer ses ressources humaines et financières à des activités autres que les productions végétales. Ces résultats sont conformes à ceux de VOGNAN et OUEDRAOGO (2003) qui montraient que la réduction des superficies cotonnières suite à la restriction du crédit intrant entraîne une baisse du revenu des producteurs. Ces résultats confirment la corrélation positive entre le coton et les cultures céréalières (SCHWARTZ, 1991).

L'analyse de l'effet d'une assurance indicielle montre que d'une manière générale, l'instauration d'une assurance agricole permet d'améliorer le revenu des producteurs. Elle incite les producteurs de Daboura et les petits attelés de Sidéradougou à pratiquer une agriculture intensive. Cela confirme l'assertion de MULLER *et al.*, (2009) selon laquelle la variabilité climatique constitue une limite à l'intensification agricole.

CONCLUSION GENERALE

La production agricole de la zone cotonnière ouest du Burkina Faso se réalise dans un environnement de pression anthropique et de risque climatique. Les producteurs intègrent tous ces facteurs dans la définition de leur plan de production pour maximiser au mieux leur revenu. Cependant, il leur manque des repères pour comparer leurs plans optimaux de productions. Pour contribuer à relever ce défi, nous avons élaboré des modèles d'exploitations pour adapter les outils d'aide de décision à la spécificité économique des exploitations. Ces modèles nous ont permis d'estimer l'allocation optimale des ressources productives des producteurs aux différentes activités culturales et de tester différents scénarii de simulation.

Les résultats du modèle de base montrent que l'allocation actuelle des facteurs de production aux différentes activités ne maximise pas au mieux le revenu des producteurs. Les résultats de la simulation montrent que dans ce contexte de variabilité climatique, les manuels des deux villages courent des risques assez élevés en fondant leur stratégie d'assolement sur la prévision saisonnière vue le niveau de connaissance et la fiabilité des prévisions météorologiques. Pour les prévisions de saison sèche, les pertes de revenus en cas d'erreur de la prévision peuvent souvent atteindre 12 %. L'analyse des effets du crédit agricole montre que la production céréalière à Sidéradougou est plus dépendante du crédit intrant coton que celle de Daboura. Pour une réduction de la valeur du crédit de plus de 10 % aucun producteur ne produirait à Sidéradougou alors que, les producteurs de Daboura supportent jusqu'à 40 % de réduction. L'analyse de l'effet de l'assurance montre que l'instauration d'une assurance indicielle entraîne en année sèche une augmentation du revenu des producteurs dans les deux villages.

En sommes, les modèles élaborés dans le cadre de ce travail peuvent servir d'outil d'aide à la prise de décision car ils permettent de tester les différentes innovations afin de choisir les meilleures options adaptées à la spécificité des exploitations. Mais il serait intéressant d'améliorer encore leur qualité en les couplant à des modèles biophysiques afin de générer les plans optimaux de production non seulement en fonction des caractéristiques agro-climatiques des exploitations mais aussi en fonction des propriétés physico-chimiques des sols.

Dans ce contexte de forte variabilité climatique, il serait profitable de diffuser des prévisions journalières auprès des paysans afin qu'ils puissent bien planifier les activités aux

champs car les prévisions saisonnières météorologiques sont trop vastes (prévision à l'échelle d'une zone) pour être exploitées à l'échelle d'une exploitation.

Au regard de la forte dépendance des céréales en occurrence le maïs du crédit intrant coton, il est pertinent d'explorer les conditions de mise en place d'un crédit intrant céréale reposant sur une organisation efficace de cette filière de l'amont en aval.

Dans ce contexte de risque climatique très élevé, il serait intéressant d'instaurer une assurance pour réduire les incidences des risques climatiques sur les revenus des producteurs et favoriser l'intensification agricole. Mais cela nécessite des études encore plus approfondies pour proposer le type d'assurance le plus adapté aux conditions agro-économiques des producteurs.

BIBLIOGRAPHIE

ADEGBIDI A. B. E. A., 2003. Elaboration du plan de production agricole en milieu paysan dans l'agriculture pluviale du Bénin. Une analyse de l'incidence de la pluviométrie dans la zone cotonnière du Nord-Bénin ; cas du village de Bagou, Thèse de Ph.D., Center for Development Studies, Université de Groningen, Pays-Bas. 350p.

AFFHOLDER F., 1995. Couplage de modèles biophysiques et socio-économiques : quelques questions posées par un agronome. *In couplage de modèles en agriculture*. Séminaire CIRAD, Montpellier 14-15 juin. p22-27.

L'ACMAD, 2005. Prévision saisonnière des pluies pour la période de juillet à septembre 2005 en Afrique de l'Ouest, au Tchad, au Cameroun, au Centrafrique et au Soudan « PRESA-AO/08 ». 2p. Site web : http://www.acmad.org/fr/archives/climat/bull_nov08_fr.pdf, consulté le 07/10/2010.

BADOLO M., 2009. Les changements climatiques et leur impacts au Sahel : le cas de l'agriculture et des ressources en eau. Centre Régional AGRHYMET, 16p. Site web : <http://www.Agrhynet.ne>, consulté le 15/10/2010.

BACCI M., GENESIO L., VECCHIA D. A., ASSANE I., DIARRA B., NDIAYE M., 2008. Les prévisions saisonnières et leurs impacts sur la prévention de l'insécurité alimentaire. Le cas d'étude de la campagne 2007/2008 et la prévision pour la campagne 2008/2009, 38p. Disponible sur: http://www.case.ibinet.cnr.it/.../prevision_saisonniere_et_impacts_campagne.pdf, consulté le 05/01/2011.

BARBIER B., 1994. Modélisation agronomique et économique de la durabilité d'un système agraire villageois. Le cas du village de Bala au Burkina Faso. Thèse de doctorat, ENSAM-Montpellier, France. 328p+annexes.

BENOIT-CATTIN M., 1995. Exposé introductif. *In couplage de modèles en agriculture*. Séminaire CIRAD, Montpellier 14-15 juin. p47-48.

BARBIER B., BENOIT-CATTIN M., 1997. Variabilité à moyen et long termes d'un système agraire villageois d'Afrique Soudano-Sahélien : le cas de Bala au Burkina Faso. *In Economie rurale*. N°239.p 30-39.

BOKO M., 2009. Les changements climatiques en Afrique : opportunités et contraintes pour l'adaptation et la mitigation. In International Workshop on Adaptation to climate change in West African agriculture. Ouagadougou, Burkina Faso, 27-30 April 2009.

BOULANGER M. P., BRECHET T., 2003. Une analyse comparative des classes de modèles. <<Modélisation et aide à la décision pour un développement durable>> Action de support PADDI, SSTC. 32p.

BOUSSARD J. M., DAUDIN J. J., 1988. La programmation linéaire dans les modèles de production. MASSON. 124p.

CEDEAO, CSAO, OOCDE, 2008. Le climat et les changements climatiques. Atlas de l'intégration région en Afrique de l'Ouest. Série environnement.13p.

CERDI, 2010. Adaptation aux changements climatiques en Afrique. 15p

CILSS, 2010. La prévision saisonnière des pluies et des débits en Afrique de l'Ouest, Tchad et Cameroun. Période : juillet-août-septembre 2010.

CCNUCC, 2001. Communication nationale du Burkina Faso. 126p. Site web : <http://www.unfccc.int/ressource/docs/natc/bufnc1f.pdf> , consulté le 12/10/2010

DABIRE W.P.I., BARBIER B., SAVADOGO K., 2009. Evaluation ex-anté de la prévision saisonnière en petit paysannat burkinabè. Atelier régional CIRAD-CIRDES. 17p.

DAKUO D., 1995. Les acquis de la recherche cotonnière. Comm. Journées coton. 6p.

DAKUO D., KOULIBALY B., HIEN V., 1993. Agronomie et Techniques culturales. Rapport annuel, Programme coton/INERA, Burkina Faso. 130p.

DEMBELE Y., SOME L., 1996. Péjoration pluviométrique au Burkina Faso: impacts sur les productions agricoles. *In, Actes du FRSIT 1996.* Thème : la recherche scientifique face aux problèmes de l'environnement, Tome2, les communications scientifiques. p81-90.

DEYBE D., 1991. GAMS : une introduction à son utilisation. Cour de Programmation Linéaire et Modèles d'Exploitation Agricole, Ouagadougou, Burkina Faso, septembre 1991. 49p.

DIARRA. Z. D., 2009. Impacts des changements climatiques en Afrique de l'Ouest. Direction Nationale de la Météorologie. Bamako-Mali. 35p. Site web : <http://www.wamis.org/agm/meetings/iwacc09/S3-Diarra.pdf>, consulté le 12/10/2010.

DORSOUMA AI H., MELANIE R.D., 2008. « Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique : s'adapter, une approche intégrée », *Vertigo.* La revue électronique en sciences de l'environnement, vol 8, n°1. Avril 2008. Site web : <http://www.vertigo.revues.org/5356> , consulté le 13/01/2011.

- GIEC, 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. 103p. Site web : http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf consulté le 12/10/2010.
- KIENDREBEOGO R., 2010.** Analyse des déterminants socioculturels des perceptions et stratégies d'adaptation des agro-éleveurs face aux changements climatiques : cas de Yé, Bounou, Wembatenga et Amsia au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études IDR/UPB.75p.
- LALBA A., ZOUNDI S. J., TIENDREBEOGO J. P., 2005.** Politiques agricoles et accès aux parcours communs dans le terroir de Ouara à l'Ouest du Burkina Faso : une analyse économique et environnementale à l'aide de la programmation linéaire. *In.Biotechnol.Agron.Soc.Environ*, vol.9, n°1, p43-52.
- MAF. 2008.** Appréciation des Impacts des Changements Climatiques sur les Programmes de Développement de la Coopération Danoise au Burkina Faso. 87p.
- MAHRH, 2009(a),** Situation de référence des performances du secteur rural au Burkina Faso. Rapport final. 146p.
- MAHRH, 2009(b),** Evolution du secteur agricole et des conditions de vie des ménages au Burkina Faso. 101p
- MASTERS W. A., VITALE J., 1998.** Adoption et Impact des nouvelles technologies : manuel et exercices en GAMS. Ouagadougou/ Burkina Faso. 46p.
- MENDEZ C. J., 1995.** Détermination des objectifs des petits producteurs de café du Guatemala : une application du paradigme décisionnel multicritère. *In couplage de modèles en agriculture*. Séminaire CIRAD, Montpellier. p55-62.
- MORENO M. P., 2003.** Etude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles. Modélisation de la production agricole d'un périmètre irrigué. (Bassin de Guadalquivir-Espagne). Série « Master of Science ». 65p.
- MULLER B., SARR B., WADE I., SYLLA C., 2009.** Réduction de la vulnérabilité et intensification des systèmes céréaliers dans un contexte de variabilité et changements climatiques par l'utilisation d'outils agro météorologiques. 47p. Disponible sur : http://www.waapp.corf.org/documents/WAAPP/.../projet_composante_4_WAAPP.pdf , consulté le 07/01/2011.
- NACAMBO K., 2010.** Analyse des déterminants socioculturels des perceptions et stratégies d'adaptation des agroéleveurs face aux changements climatiques : cas de Folonzo, Tengrela, Péni et Koumbia au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle. IDR/UPB. 48p.

OUEDRAOGO S., 2005. Intensification de l'Agriculture dans le plateau central du Burkina Faso : une analyse des possibilités à partir des nouvelles technologies. Thèse de Doctorat. 317p.

OUEDRAOGO M, 2006. Changement climatique : perception des paysans au Burkina Faso, Mémoire de D.E.A, Communauté Française de Belgique, 86 p.

OUEDRAOGO M., DEMBELE Y., SOME L., 2010. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *In Sécheresse*, vol 21, n°2. p 87-96.

OUERESSE R. A., 2010. Prévision saisonnière et vulnérabilité des producteurs face à la variabilité climatique: cas d'une exploitation du village de Balla en zone cotonnière du Burkina Faso. Mémoire pour l'obtention du master spécialisé en gestion intégrée des ressources en eau. 2IE/Ouagadougou/Burkina Faso.45p.

PNUE, 2007. Rapport annuel. 122p. Disponible sur : http://www.unep.org/PDF/.../2007/UNEP_AR_2007_FR.pdf , consulté le 08/10/2010

PNSA, 2008. Rapport final. 119p.

PODA S. A., 2004. Coton et sécurité alimentaire dans la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB. 75p.

PICHOT J. P., 1995. La rencontre des sciences biologiques et des sciences sociales autour des processus de modélisation peut-elle permettre à la recherche agricole de répondre aux nouvelles questions qui lui sont posées ? *In couplage de modèles en agriculture*. Séminaire CIRAD, Montpellier 14-15juin. p7-8.

SAVADOGO A., 2009. Impact des changements climatiques sur la culture du coton : cas du village de Gombélé Dougou dans le Tuy. Rapport de stage. INERA. Burkina Faso. 44p.

SCHWARTZ A., 1991. L'exploitation agricole de l'aire cotonnière burkinabé : caractéristiques sociologiques, démographiques, économiques. ORSTOM. Ouagadougou. 88p.

SOME L., 1989. Diagnostic agroclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse doct. Option Sci.agronomiques. Univer. Montpellier II. Science et Technique de Languedoc, 321p+annexes.

SOME L., SIVAKUMAR M. V. K., 1994. Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Burkina Faso, INERA-ICRISAT. 43p.

SOULAMA M A, 2009. Les inondations au Burkina Faso début Septembre 2009, Portail Afrique de l'ouest.

- SULTAN B., BARBIER B., FORTILUS J., MBAYE S. M., LECLERC G., 2009.** Estimating the Potential Economic Value of Seasonal Forecasts in West Africa: A Long-Term Ex-Ante Assessment in Senegal. 19p.
- TRAORE L. B., 2001.** Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques. Secteur de l'agriculture aux Burkina Faso. *In communication nationale sur les changements climatiques.* 19p.
- VOGNAN G. OUEDRAOGO D., 2003.** Impact de la restriction du crédit intrant sur les systèmes de cultures et le revenu des producteurs en zone cotonnière. Rapport de recherche. Programme Coton/INERA. Burkina Faso. 32p
- VOGNAN G. LALBA A., 2003.** Dynamique d'intensification des systèmes de production mixtes « coton-céréales- élevages » dans l'Ouest du Burkina Faso In « *Bonnes pratiques agricoles dans l'Ouest du Burkina Faso* », Atelier du 18-20 mars 2004, Bobo-Dioulasso/Burkina Faso. 30p.
- WINOGRAD M., 2010.** Concepts, cadres, et méthodologies pour évaluer la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation. CIAT, Colombie. 32p.
- ZONGO B., 2010.** Intérêt de la programmation linéaire pour l'analyse des pratiques des producteurs et la conception des innovations : cas des villages de Koumbia et Kourouma à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de DEA/UPB. 51p.
- ZOUNDI J.S., LALBA A., TIENDREBEOGO J.P., BAMBARA D., 2007 .** Systèmes de cultures améliorés à base de niébé (*Vigna unguiculata (L.) Walp*) pour une meilleure gestion de la sécurité alimentaire et des ressources naturelles en zone semi-aride du Burkina Faso. *In TROPICULTURA*, vol.25, n°2, p87-96.

ANNEXE

Annexe 1 : Evaluation de la vulnérabilité des producteurs face de la variabilité climatique.

Enquêteur.....	Village.....
Date d'enquête.....	Département.....
Fiche d'enquête :N°.....	Campagne agricole.....

Identification du chef d'exploitation

Nom Prénom.....

Age..... Ethnie..... Niveau d'instruction

La superficie totale de l'exploitation.....

Le nombre de femmes de l'exploitation.....

I- La performance des exploitations agricoles

1-1) moyens matériels

Nombre d'animaux de trait

Quel est le matériel de travail dont vous disposez ? Citez le matériel et le nombre.

Tracteur..... Charrue..... Sarcler..... Butteur.....

Semoir..... Pulvérisateur..... Charrette..... Autres.....

1-2) Ressources humaines

	Effectif population	Personne de 10-15ans	Main familiale entre 15 et 65an	Main d'œuvre salariée permanent	M.O. occasionnelle	Personne de plus de 65 ans
Nombre						

II- Les facteurs de prévisions saisonnières

Quelles sont les facteurs (animaux, oiseaux, termites, fourmis ou d'autres phénomènes) qui vous permettent de prévoir le type de saison ?

Facteurs indiquant une future saison mauvaise :

Facteurs indiquant une future saison moyenne (proche de la normale) :

Facteurs indiquant une future saison très pluvieuse :

Ces facteurs sont-ils toujours exploités sinon pourquoi ?

III) Les facteurs d'évolution de la saison

-Facteurs indiquant le début de la saison :

début des semis ;

fin des semis :

-Facteurs indiquant la pleine saison :

-Facteurs indiquant la fin de la saison :

IV- Les facteurs de prévisions journalières

Quels sont les phénomènes qui vous permettent de prévoir une pluie au cours d'une journée ?

Phénomène	Caractéristiques
Le vent	
Les nuages	
Température de l'air	
Oiseaux	
Insectes	
Autres	

V- Niveau d'utilisation et d'appréciation des prévisions pluviométriques des structures météorologiques par les paysans.

Quelles sources d'informations employez-vous pour avoir des conseils pour semer à des bonnes dates ?

Quelle date estimez-vous la plus précoce pour les semis ?

Quelle est la dernière période de semis pour espérer avoir une bonne récolte ?

Avez-vous déjà entendu parler des prévisions météorologiques ?

Si oui par quel moyen ?

Utilisez-vous ces prévisions pour planifier votre campagne ?

Oui, pourquoi ?

Non, pourquoi ?

Depuis quand vous utilisez les prévisions météorologiques ?

Que pensez-vous de la fiabilité de ces prévisions par rapport à vos expériences de prévisions de la pluie ? Pourquoi ?

Quelles recommandations faites-vous aux structures météorologiques ?

- Quelles sont les années vous rappelez vous avoir eu de bonnes récoltes ? Décrire les conditions de production des années en question

Quelles sont les années vous rappelez vous avoir eu de mauvaises récoltes ? Décrire les conditions de production des années en question ?

VI)-Intentions de culture et de production

Spéculations (cultures)	Superficie Prévues (ha)	Superficies mises en valeurs (ha)	Production attendue en nombres de sac	Production réalisée (nombre de sac)	Les facteurs ayant été défavorables à la réalisation des prévisions de superficies (voir code 1)	Facteurs ayant été défavorables à la réalisation des prévisions de production (voir code 2)
Coton
Maïs
Mil
Sorgho
Niébé
Sésame
Autres
Totales						

Code 1- causes probables des écarts entre Les superficies (prévisions et réalisations)

- 1-Problème d'accès à la terre
- 2-manque ou quantité d'engrais insuffisante
- 3-Manque ou quantité de semences insuffisante
- 4-Manque ou quantité d'insecticide insuffisante
- 5-Manque d'équipement
- 6-Manque de main d'œuvre (familiale et externes)
- 7-Manque d'animaux de trait
- 8-Problème de pluie
- 9-Manque ou insuffisance de liquidité (argent)
- 10-Stratégies monétaires (besoin de plus d'argent)
- 11-Stratégies alimentaires (besoin de plus de céréales)

Code2-causes probables des écarts écart entre les productions

- a) Problème de pluie
- b) Pression parasitaire
- c)Calamité naturelles
- d) Pression adventices
- e) Inefficacité des produits
- f) Sol non fertile
- g) Autres

Annexe 2 : Suivi parcellaire

Type de culture	coton	maïs	sorgho	mil	autres
Superficie cultivée en ha					
Date de labour					
Date de semis					
Quantité de semence					
Date de resemis					
Quantité de semence resemée					
Date d'épandage d'herbicide					
Quantité herbicide					
Date du 1 ^{er} sarclage					
Nombre de sarclages					
Date apport NPK					
Quantité NPK					
Date d'apport Urée					
Quantité Urée					
Date buttage					
Date 1 ^{er} traitement insecticide					
Nombre de traitement insecticide					
Quantité insecticide					

Annexe 3 : Plans optimaux d'allocation des terres aux cultures

Villages	Daboura			Sidéradougou		
	Type de producteur	manuel	petit attelé	gros attelé	manuel	petit attelé
superficie observée						
Sorgho	1,5	3	3,9	2,1	2,12	0,75
maïs	0,5	1,5	5	0,9	1,5	2,1
coton	1,5	3,5	5,1	1	2,1	5,3
Superficie optimisée						
coton	2	2,1	3	1,3	2,3	0
maïs	0	1,9	4	0,8	1,5	6,8
coton	1,5	4	7	1,9	3,8	6,1

Source : Résultats du modèle de base

Annexe 4 : les revenus optimaux des producteurs des deux villages

Villages	Daboura			Sidéradougou		
	Type de producteur	manuel	petit attelé	gros attelé	manuel	petit attelé
Revenu observée	363174	1286510	2499894	401364	855743	1741796
Revenu optimisée	408640	1446300	2810300	504890	1312600	2694100
Ecart	45466	159790	310406	103525	456875	952304

Source : Résultats du modèle de base

Annexe 5 : plan optimaux de production pour une prévision de saison sèche

	Villages					
	Daboura			Sidéradougou		
	Manuel	Petit attelé	Gros attelé	Manuel	Petit attelé	Gros attelé
Allocation optimale de la terre par activité en ha						
Sorgho	2	4	7	2,3	4	0
Maïs	0	0	0	0	0	6,8
coton	1,5	4	7	1,7	4	6,1
Revenu en FCFA						
Année sèche	342350	1244600	2416200	374380	1188900	2255900
Année moyenne	394360	1379600	2458700	432690	1157300	2635000
Année bonne	455240	1572500	3039300	524060	1389900	2904800
Revenu espéré en FCFA	342350	1244600	2416200	374380	1244600	2255900

Source : Résultats de simulation d'une prévision de saison sèche

Annexe 6 : plans optimaux de production pour une prévision de saison moyenne

Villages	Daboura			Sidéradouougou		
	Manuel	Petit attelé	Gros attelé	Manuel	Petit attelé	Gros attelé
Allocation optimale de la terre par activité en ha						
Sorgho	2	1,8	3,1	1,5	2,3	0
Maïs	0	2,1	3,9	1,4	1,5	6,8
Coton	1,5	4	7	1,2	3,8	6,1
Revenu en FCFA						
Année sèche	342000	1200000	1413000	360000	1100000	2250000
Année moyenne	394740	1408800	2606800	470830	1203200	2635000
Année bonne	455880	1607100	3121400	544250	1463200	2904800

Source : Résultats de simulation d'une prévision de saison moyenne

Annexe 7 : plans optimaux de production pour une prévision de bonne saison

Villages	Daboura			Sidéradouougou		
	Manuel	Petit attelé	Gros attelé	Manuel	Petit attelé	Gros attelé
Allocation optimale de la terre par activité en ha						
Sorgho	2	1,8	3,1	1,3	2,3	0
Maïs	0	2,1	3,9	0,8	1,5	6,8
Coton	1,5	4	7	1,8	3,8	6,1
Revenu en FCFA						
Année sèche	342000	1200000	2413000	360000	1100000	2250000
Année moyenne	394740	1408800	2606800	470390	1203200	2635000
Année bonne	455880	1607100	3212400	583550	1463200	2904800

Source : Résultat de simulation d'une prévision de bonne saison

Annexe 8 : plans optimaux de production d'un état sans prévision saisonnière

Villages	Daboura			Sidéradougou		
	Manuel	Petit attelé	Gros attelé	Manuel	Petit attelé	Gros attelé
Allocation optimale de la terre par activité en ha						
Sorgho	2	1,8	3,1	1,3	2,3	0
maïs	0	2,1	3,9	0,8	1,5	6,8
coton	1,5	4	7	1,83	3,8	6,1
Revenu en FCFA						
Année sèche	342000	1200000	2413000	372450	1100000	2255900
Année moyenne	394740	1408800	2606800	470450	1203200	2635000
Année bonne	455880	1607100	3212400	578400	1463200	2904800

Source : Résultat de simulation d'une situation sans prévision

Annexe 9 : plans optimaux de production dans le cas d'une assurance indicielle

Villages	Daboura			Sidéradougou		
	Manuel	Petit attelé	Gros attelé	Manuel	Petit attelé	Gros attelé
Allocation optimale de la terre par activité en ha						
Sorgho	0	0	1,2	1,3	0	0
Maïs	1,75	4	5,8	0,85	3,5	6,8
Coton	1,75	4	7	1,8	3,5	6,1
Revenu en FCFA						
Année sèche	442850	1521600	3041500	526430	1331780	2807560
Année moyenne	427380	1433900	2677300	470450	1267000	2635000
Année bonne	510250	1638800	3294800	578400	1565200	2904800