

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	IV
REMERCIEMENTS	V
SIGLES ET ABREVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES ET ILLUSTRATIONS	VIII
LISTE DES PHOTOS.....	IX
RESUME.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE: REVUE DE LITTERATURE	4
I. LE MODEL DE CULTURE SARRA-H.....	5
I.1. Présentation	5
I.2. Domaines d'applications	6
II. GENERALITES SUR LES CULTURES	6
II.1. Généralités sur le maïs	6
II.1.1. Origine et classification	6
II.1.2. Cycle végétatif	7
II.1.3. Facteurs écologiques	7
II.1.4. Culture du maïs au Burkina Faso	8
II.2. Généralités sur le sorgho	10
II.2.1. Origine et classification	10
II.2.2. Cycle végétatif	10
II.2.3. Facteurs écologiques	10

II.2.4. Culture du sorgho au Burkina Faso	11
DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES	13
I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	14
I.1. Situation géographique	14
I.2. Climat et pluvirosité.....	15
I.3. Relief et sols.....	15
I.4. Végétation	16
I.5. Caractéristiques économiques.....	16
II. METHODES	17
II.1. Choix des villages et des producteurs.....	17
II.1.1. Choix des villages	17
II.1.2. Choix des producteurs.....	18
II.2. Fiches d'enquêtes.....	19
II.3. Présentation du suivi des cultures.....	19
II.4. Estimation des rendements.....	20
II.5. Estimation de la variabilité.....	20
II.6. Enquêtes de terrain supplémentaire.....	20
II.7. Analyse de données.....	21
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION.....	22
I. RESULTATS.....	23
I.1. Analyse de la variabilité des rendements	23
I.1.1. Analyse des rendements du maïs et du sorgho	23
I.1.2. Quantification de la variabilité intra villageois.....	24
I.1.3. Rendements du maïs et du sorgho de l'ensemble des parcelles.....	24
I.2. Analyse des facteurs intervenant dans le processus d'élaboration des rendements	26
I.2.1. Les sols.....	26
I.2.1.1. Répartition des sols par village	26
I.2.1.2. Profondeur des sols	26

I.2.2.	Fertilité définie des parcelles par les producteurs de chaque village	27
I.2.3.	Analyse des pratiques culturales sur les parcelles de maïs et de sorgho.....	27
I.2.3.1.	Travail de sol.....	28
I.2.3.2.	Le type de travail de sol	28
I.2.3.3.	Mode de traction.....	29
I.2.3.4.	La fumure organique et minérale	29
I.2.3.5.	Dates de semis et de sarclage pour l'année 2014	30
I.2.3.6.	Dates de semis et de sarclage pour l'année 2015	30
I.2.3.7.	Contrôle des mauvaises herbes	31
I.2.4.	Pluviométrie	31
I.2.4.1.	Pluviométrie par village	31
I.2.4.2.	Pluviométrie par pluviomètre de chaque village	32
I.3.	Analyse des rendements en fonction de certains facteurs	35
I.3.1.	Rendement par rapport aux variétés de maïs	35
I.3.2.	Rendement et type de sols.....	37
I.3.3.	Rendement et fertilité définie des parcelles	38
I.3.4.	Rendement et cumul pluviométrique	38
II.	DISCUSSION	41
CONCLUSION.....	44	
BIBLIOGRAPHIE	45	
ANNEXES.....	A	

DEDICACE

Ce mémoire est dédié à :

- *ma mère BONKOUNGOU Witta Héleine, que son âme repose en paix ;*

- *tous ceux qui m'ont soutenu jusqu'à ce niveau d'étude, je vous témoigne ma gratitude.*

REMERCIMENTS

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes. Sur ces lignes, nos remerciements s'adressent particulièrement à :

- **Dr Valentine C. YAPI-GNAORE, Directrice générale du CIRDES** pour nous avoir permis d'effectuer notre stage dans la structure ;
- **Christian BARON**, chercheur au CIRAD notre maître de stage pour ses multiples corrections et suggestions apportées pour la rédaction du mémoire ;
- **Dr Patrice KOUAKOU**, Chercheur agronome au CIRAD-CIRDES, notre Co-maître de stage pour son suivi et sa constante disponibilité au cours des travaux de terrain et de la rédaction de ce mémoire ;
- **Dr Fernand SANKARA**, Enseignant-Chercheur à l'IDR/UPB, notre directeur de mémoire pour sa disponibilité, et ses suggestions lors de ce stage ;
- **M. Michel HAVARD**, Chercheur au CIRAD-CIRDES, pour ses corrections et suggestions apportées au document ;
- **Camille JAHEL**, doctorante au CIRAD pour son aide lors de l'analyse des données, corrections et suggestions tout au long du stage ;
- **Medina KARAMBIRI**, doctorante au CIRDES pour sa disponibilité et ses conseils ;
- au **corps professoral de l'IDR**, pour l'inestimable contribution à notre formation académique;
- au **personnel** du CIRDES, pour sa franche coopération durant le stage;
- aux **étudiants stagiaires** du CIRDES pour leurs soutiens, à l'environnement amical propice au travail, ainsi que l'ambiance cordiale et fraternelle qu'ils ont entretenue tout au long des moments passés ensemble, qu'ils trouvent ici ma sympathie;
- tous **les producteurs** des villages de Koumbia, Gombeledougou, Boni, Founzan et Dimikuy pour leur accueil, leur disponibilité et leur volonté lors des rencontres. Mes remerciements vont aussi vers les agents de terrain, **BOGNINI Michel**, **KONDOMBO Issaka**, **HORI Adama**, **GNOUMOU Romaric** et **DOYE Mibissi** pour leur implication et leurs compétences, lors des enquêtes et des suivis sur le terrain ;
- également à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AGRHYMET : Centre Régional de Formation et d'Application en Agro-météorologie et Hydrologie Opérationnelle

CEC : Capacité d'Echange Cationique

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

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

CR : Carré de Rendement.

IDR : Institut du Développement Rural

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

MEF : Ministère de l'Economie et des Finances

MO : Matière Organique

NPK : Azote-Phosphore-Potassium

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie

PIB : Produit Intérieur Brut

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitation

SARRA-H : Système d'Analyse Régional des Risques Agro-climatiques, Habillé

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

URPAN : Unité de Recherche sur les Productions Animales

LTSTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données d'entrée (BARON, 2013)	6
Tableau 2: Nombre de parcelles de chaque culture dans les villages retenus	19
Tableau 3 : Coefficient de variabilité des rendements par village et par année	24
Tableau 4 : Statistique des rendements du maïs et du sorgho	25
Tableau 5 : Rendements des variétés améliorées du maïs.....	35
Tableau 6 : Raisons de l'utilisation de variétés améliorées de maïs	36

LISTE DES FIGURES ET ILLUSTRATIONS

Figure 1 : schéma de la boucle journalière, (BARON, 2013)	5
Figure 2 : carte administrative de la province du Tuy.....	14
Figure 3 : évolution du cumul des pluies et du nombre de jours de pluie de 2010 a 2015 de la province du tuy (DRAH houndé).....	15
Figure 4: carte montrant les sites d'étude.....	18
Figure 5: rendements du maïs grain en fonction des villages en 2014 et 2015.....	23
Figure 6: rendements du sorgho grain en fonction des villages en 2014 et 2015	23
Figure 7: les types de sols rencontrés dans chaque village	26
Figure 8: profondeur des sols dans chaque village	27
Figure 9: fertilité definie des sols dans chaque village	27
Figure 10: travail du sol de chaque culture	28
Figure 11 : differents types de travail de sol de chaque culture.....	29
Figure 12: mode de traction	29
Figure 13: pluviométrie moyenne de chaque village (2014)	32
Figure 14: pluviométrie moyenne de chaque village (2015).....	32
Figure 15: pluviometrie de chaque village par pluviomètre (2014).....	33
Figure 16: pluviometrie de chaque village par pluviomètre (2015).....	34
Figure 17 : rendement de 2014 par type de sol de chaque culture	37
Figure 18 : rendement de 2015 par type de sol de chaque culture	37
Figure 19 : rendement par rapport à la fertilité definie en 2014.....	38
Figure 20 : rendement par rapport à la fertilité definie en 2015.....	38
Figure 21 : rendement par cumul pluviométrique du maïs	39
Figure 22 : rendement par cumul pluviométrique du sorgho	40

LISTE DES PHOTOS

photo 2 : labour à traction bovine (BARO , 2013)..... 9

photo 3 : labour à traction motorisée (BARO, 2013)..... 9

RESUME

L'étude se déroule dans la zone ouest du Burkina Faso, précisément dans la province du Tuy chef-lieu Houndé. Cette région présente une forte variabilité de situations culturelles, qui vont dépendre du type de sol, de la position de la parcelle dans la topo-séquence, des itinéraires technique et du climat. Tous ces facteurs ont un impact sur les rendements des cultures. Deux cultures ont été retenues pour l'étude à savoir le maïs et le sorgho. L'objectif est d'analyser la variabilité spatiale des rendements du maïs et du sorgho à partir d'enquêtes en milieu paysan. Cela permettra l'étalonnage du modèle de culture SARRA-H. Ce modèle est utilisé dans le suivi de l'état des cultures et des prévisions de rendement. Pour ce faire des échantillons de parcelles de ces cultures ont été suivis. Les cultures sont reparties dans 6 villages que sont : Boni, Dimikuy, Founzan, Gombeledougou, Koumbia bwaba, et Koumbia mossi. L'approche méthodologique a consisté en un suivi des parcelles de chaque producteur. Deux suivis ont été réalisés, l'un en 2014 et l'autre en 2015. Le suivi a conduit à des enquêtes sur l'historique et les propriétés de chaque parcelle, d'une description d'itinéraires techniques et des mesures de rendements. Des données pluviométriques ont également été relevées durant toute la campagne de production. Les résultats auxquels parvenus ont montré qu'il existe une grande variabilité spatiale des rendements dans la zone. Cela implique qu'il y a beaucoup de facteurs responsables de cette variabilité. Les analyses des différents facteurs n'ont pas permis d'identifier les principaux facteurs de la variabilité des rendements dans la province du Tuy.

Mots clés : SARRA-H, variabilité, rendement, maïs, sorgho, facteurs, Tuy

ABSTRACT

The survey takes place in the west zone of Burkina, precisely in the province of the Tuy Houndé county seat. This region presents a strong variability of cultural situations that is going to depend on the type of soil, of the position of the parcel in the topo-sequence, the itineraries technique and the climate. All these factors have an impact on the outputs of the cultures. Two cultures are been kept for the survey to know the corn and sorghum. The objective is to analyze the spatial variability of the outputs of the corn and sorghum from investigations in peasant environment. It will permit the standardization of the culture model SARRA-H. This model is used in the follow-up of the state of the cultures and the forecasts of output. For that to make samples of parcels of these cultures has been followed. The cultures left in 6 villages that are Boni, Dimikuy, Founzan, Gombeledougou, Koumbia bwaba, and Koumbia mossi. The methodological approach consisted in a follow-up of every producer's parcels. Two follow-ups have been achieved, one in 2014 and the other in 2015. The follow-up to drive to investigations on the historic and the properties of every parcel, of a description of technical itineraries and the measures of outputs. Some rainfall data has also been raised during the whole campaign of production. The results to which upstarts showed that a big spatial variability of the outputs exists in the zone. It implies that there are a lot of factors responsible for this variability. The analyses of the different factors didn't permit to identify the main factors of the variability of the outputs in the province of the Tuy.

Key words: SARRA-H, variability, outputs, maize, sorghum, factors, Tuy.

INTRODUCTION

La population africaine va au moins doubler d'ici à 2050 et les productions asiatiques et occidentales ne semblent plus augmenter (MULLER et *al.*, 2013). Il est donc évident que l'Afrique devra produire davantage par une intensification des systèmes de productions pour nourrir une population sans cesse croissante.

Selon le centre régional AGRHYMET (2014), les résultats définitifs de la campagne agricole 2014/2015 dans les pays du Sahel et certains pays de l'Afrique de l'Ouest montrent que la production céréalière se chiffre à 61 612 000 t : 20 385 000 t de maïs, 17 335 000 t de riz, 13 664 000 t de sorgho, 9 183 000 t de mil et 1 055 000 t d'autres céréales. Cette production est en hausse de 10 % par rapport à la moyenne des cinq dernières années et de 7 % par rapport à l'année dernière (2013/2014). Au cours de la même année, il a été enregistré des baisses de production céréalière au Burkina Faso (-8 %), où l'agriculture emploie 86 % de la population, génère environ 40% du produit intérieur brut (PIB) et 80 % des exportations totales du pays (MAHRH, 2007). Malgré la pleine croissance du secteur minier qui a contribué à 6,2 % au PIB en 2010 (MEF, 2011), le secteur agricole reste le principal moteur de l'économie du pays.

L'agriculture burkinabé est principalement extensive et se pratique essentiellement dans des exploitations familiales, dominées par de petites exploitations de 3 à 6 ha (BOUE, 2013). La quasi-totalité des exploitations agricoles pratiquent l'intégration agriculture élevage caractérisée par 3 piliers : l'utilisation des animaux pour la traction, la production de fourrage pour les animaux et l'utilisation des déjections animales pour la fertilisation des sols (VALL et *al.*, 2011). Cette agriculture est soumise à plusieurs contraintes, les moyens de production sont très réduits (mécanisation, semence, engrais...), les rendements sont faibles et les problèmes de fertilité des sols cultivés en sont souvent la cause principale. En effet l'agriculture conventionnelle, caractérisée par le travail répété du sol, l'exportation ou le brûlis des résidus de cultures et la domination de la monoculture entraîne à long terme une dégradation de la structure du sol et une diminution de la matière organique (OUEDRAOGO, 2013). La dégradation des sols entraîne donc une baisse de la fertilité des sols, une des contraintes qui limitent la production agricole en Afrique Subsaharienne (PARE, 2014). En outre dans les systèmes de cultures, les apports externes d'intrants sont insuffisants et les efforts d'augmentation de la production des champs sont entravés par la faible utilisation d'engrais qui a pour conséquence la diminution de la productivité des terres. L'utilisation de la fumure organique (FO) et celle des engrais chimiques sont préconisées pour limiter la baisse

de fertilité des sols (ATTIOU, 2014) et d'accroître les rendements des cultures. Cependant les producteurs ont tendance à opter pour une augmentation des surfaces cultivées pour accroître leurs productions et leurs revenus. Mais, cette extension des superficies ne s'accompagne pas toujours par la mise en œuvre des techniques de production durables ; ce qui est de nature à engendrer des problèmes environnementaux dans un contexte déjà marqué par les changements climatiques et la saturation foncière (LANKOANDE, 2013).

En Afrique de l'Ouest, le changement et la variabilité climatique se manifestent par une mauvaise distribution spatiotemporelle des précipitations, des inondations, des poches de sécheresses, des vents violents et une augmentation des températures (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008). Ces changements et variabilités climatiques ont des répercussions néfastes sur les ressources naturelles, avec des effets induits importants sur le secteur agricole au Burkina Faso qui doit satisfaire les besoins alimentaires de sa population de plus en plus croissante. La zone ouest du pays présente des caractéristiques agro écologiques et climatiques favorables au développement de l'agriculture. Néanmoins cette zone présente une forte variabilité de situations culturales, qui vont dépendre du type de sol, de la position de la parcelle dans la topo-séquence, des itinéraires techniques et du climat. Il est donc nécessaire de prendre en compte l'ensemble de ces paramètres lors de la production dans l'objectif d'atteindre la sécurité alimentaire, mais aussi des efforts majeurs doivent être consentis dans les prévisions agricoles et surtout le suivi des cultures. C'est dans ce sens que s'est donné comme objectif le centre AGRHYMET où le modèle de culture SARRA-H, développé au CIRAD, est (et a été) utilisé dans le cadre de différents projets de suivi de l'état des cultures et de prévision des rendements. Une version adaptée de ce modèle de culture est diffusée dans 17 pays de l'Afrique de l'Ouest aux partenaires des météo nationales avec l'appui de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) dans le cadre du suivi des cultures et de l'alerte précoce (<http://sarra-h.teledetection.fr>).

L'étude se déroule en zone ouest du Burkina Faso et plus précisément dans la province du Tuy et consiste en « *l'analyse de la variabilité spatiale des rendements du maïs et du sorgho dans la province du Tuy, Burkina Faso* ».

L'objectif de cette étude est de permettre la calibration et vérification du modèle de cultures SARRA-H. De façon spécifique, il s'agit de qualifier et quantifier la variabilité des rendements ainsi que d'autres facteurs intervenant dans le processus d'élaboration du rendement, ayant fait l'objet de suivi en milieu paysan dans la zone et ensuite rechercher les indicateurs clés de cette variabilité.

Le présent mémoire s'articule autour d'une introduction, trois parties, une conclusion et des références bibliographiques. Concernant les parties, la première est consacrée à une revue de littérature, la deuxième concerne les matériels et méthodes de l'étude, et la troisième partie présente, analyse et discute les principaux résultats obtenus.

PREMIERE PARTIE: REVUE DE LITTERATURE

I. LE MODEL DE CULTURE SARRA-H

I.1. Présentation

Système d'Analyse Régional des Risques Agro-climatiques, Habillé (SARRA-H) est un modèle particulièrement adapté à l'analyse d'impact du climat sur la croissance des céréales sèches et du rendement potentiel en milieu tropical du mil, sorgho, maïs et riz pluvial. Selon ALHASSANE et al. (2013), SARRA-H est :

- un modèle déterministe et modulaire ;
- un modèle de croissance des cultures à l'échelle de la parcelle ;
- un modèle basé sur des relations simples et robustes ;
- un modèle vérifié en milieu tropical.

Il est adapté à des analyses allant de la parcelle à la région. Le model de culture SARRA-H intègre trois grands processus au sein d'une même boucle journalière (figure 1) : Il s'agit d'un Bilan Hydrique : approche réservoirs ; d'un Bilan Carboné : approche grande feuille et la Phénologie : approche degrés jours et photopériodisme (BARON, 2013)

Avec un jeu simple de données d'entrées (tableau 1) il permet de multiples scénarios de simulations.

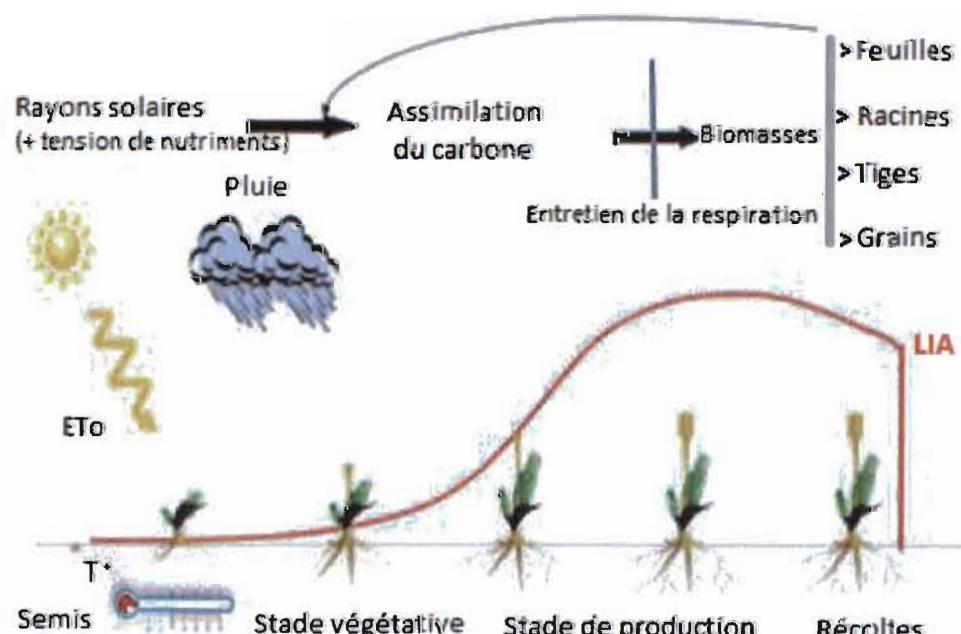


Figure 1 : schéma de la boucle journalière, (BARON, 2013)

Tableau 1 : données d'entrée (BARON, 2013)

Climat (contrainte)	Parcelle (sol)	Pratiques agricoles (stratégies)
<ul style="list-style-type: none"> - Evapotranspiration - Température - Rayonnement ou insolation - Pluie <p>Pas de temps journalier</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Typologie (Argileux, sableux...) - Profondeur Maximum - Profondeur réservoir de surface 	<ul style="list-style-type: none"> - Espèce, Variété - Dates/stratégie de semis - Densité semis - Irrigation - Niveau de fertilité

I.2. Domaines d'applications

Selon ALHASSANE et *al.* (2013), le modèle de culture SARRA-H est utilisé dans plusieurs domaines d'applications. Il s'agit en effet de :

- Analyser les risques climatiques de la parcelle à la région sur le rendement et la biomasse tant pour la variabilité climatique que dans le changement climatique (contexte de sécurité alimentaire) ;
- Suivre l'état des cultures en cours de saison et prédire les rendements potentiels (contexte de système d'alerte précoce) ;
- Analyser l'adaptation de stratégies paysannes à son environnement (contexte de résilience) à savoir une adaptation des variétés locales et variétés modernes (photopériodisme, répartition des biomasses); une adaptation des stratégies de semis et estimation des risques (semis précoces/tardifs, simulation des dates de semis, mortalité juvénile); une stratégie d'autosubsistance ou d'intensification (niveaux de fertilité d'optimum à très faible); et enfin une optimisation de la ressource en eau (irrigation de complément, observée, protocoles d'irrigations...)
-

II. GENERALITES SUR LES CULTURES

II.1. Généralités sur le maïs

II.1.1. Origine et classification

Le maïs (*Zea mays*) est la seule plante cultivée d'importance dont l'ancêtre sauvage ne soit pas connu avec certitude (CIRAD-GRET, 2002). Cultivé depuis des millénaires en

Amérique centrale, il aurait été domestiqué dans la région centrale du Mexique à partir de téosinte local (CIRAD-GRET, 2002). Le maïs aussi appelé blé d'inde au Canada, est une herbacée tropicale annuelle de la famille des graminées largement cultivée comme céréale pour ses grains riches en amidon, mais aussi comme plante fourragère (ZIBA, 2013).

II.1.2. Cycle végétatif

Après la levée, la plantule se développe et croît exponentiellement jusqu'au stade 6 à 8 feuilles où la croissance devient linéaire. Les phases de croissances dépendent surtout de la température. Soixante à quatre-vingt-quinze (60 à 95) jours après le semis, la panicule (inflorescence mâle) apparaît au sommet du plant de maïs. Ensuite les soies (inflorescences femelles) apparaissent et sont prêtes pour la fécondation 5 à 8 jours après l'apparition des fleurs mâles (panicules) (ZIBA, 2013). Les fleurs, autre caractéristique qui distingue le maïs des autres graminées, sont unisexuées et regroupées en inflorescences mâles et femelles composées d'épillets de deux fleurs. Après la fécondation, les grains se remplissent de réserves, la demande en amidon pour le remplissage des grains est élevée et surtout en cas de stress, ce remplissage se fait aux dépens des tiges et des feuilles. Ils passent par le stade laiteux (80 % d'humidité), pâteux (50 %), rayable à l'ongle (35 à 38 % d'humidité).

II.1.3. Facteurs écologiques

Le maïs est une plante de soleil donc de lumière et de chaleur. Son développement nécessite une température relativement élevée et régulière. Les températures optimales de développement se situent entre 26°C et 34°C, en deçà et au-delà il y a un effet de frein sur son développement avec un blocage des stades de développement pour les températures inférieures à la température de base (ici à 8°C) ou la mortalité de la plante pour des températures supérieures à 44°C. Si la température est inférieure à 5°C, cela peut inhiber la germination (DAO, 2014). La somme de températures nécessaire au cycle complet de la plante est une caractéristique liée à la variété. La somme des températures semis maturité avoisine 1 500 °C pour les variétés précoces (90 jours) et 2000 °C pour les variétés tardives (120 jours).

La culture du maïs peut se faire durant toute la saison à condition que l'eau soit disponible. C'est l'un des facteurs essentiels du rendement. La satisfaction des besoins en eau est particulièrement importante lors de la phase de reproduction, le développement des appareils reproducteurs définissant le nombre de grains donc le potentiel de rendement, et la phase de remplissage des grains. Durant cette période la plante absorbe 45 % de ses besoins

en eau. Au Burkina Faso, on estime ces besoins en eau à environ 5,2 à 5,5 mm par jour jusqu'au 60^{ème} jour (floraison), 6 mm par jour du 60^{ème} au 90^{ème} jour et moins de 4 mm après 90^{ème} jour, soit une somme minimum de 618 mm d'eau pour tout le cycle (SEMPORE, 2008). Enfin le maïs étant plus sensible au manque d'eau, il réduira d'autant plus sa production de biomasse, par régulation stomatique des feuilles, lors des périodes de stress hydrique. Le maïs est une espèce plus exigeante en eau mais aussi plus sensible au manque d'eau.

Le maïs est aussi une plante exigeante et sensible aux variations de la fertilité du sol. Il préfère les sols assez riches en éléments fins, humifères, frais et à capacité de rétention d'eau élevée (ZOMA, 2010). D'après ATTIOU (2014), il préfère les sols riches en éléments fins et en matières organiques et possédant une bonne structure. Le maïs peut pousser sur tous les sols, pourvu que ces sols soient fertiles et profonds. Son enracinement maximum variant d'environ 1 m à 1,5 m, une vitesse d'enracinement d'environ 1,5 cm/jour a été définie, diminuant légèrement après la floraison, permettant d'atteindre ces profondeurs.

II.1.4. Culture du maïs au Burkina Faso

Le maïs est une plante exigeante qui vient après une plante améliorante (légumineuse, culture fertilisée). Il peut également venir en tête de rotation. Dans les pays cotonniers, le maïs vient souvent après le cotonnier pour profiter du reliquat de fumure appliquée sur le coton. Le maïs est souvent cultivé en association avec le niébé, l'arachide, etc.

Le maïs est doté d'un puissant système racinaire. Il est donc très sensible à l'amélioration des propriétés physiques du sol. Suivant les régions, la culture est réalisée à plat (cas le plus fréquent) ou sur billons. Souvent le labour n'est pas pratiqué. L'augmentation de rendement grâce au labour est généralement élevée et atteint couramment 20 % (CIRAD-GRET, 2002). Le labour est principalement réalisé en culture attelée et plus rarement motorisée. Après le travail du sol le semis est réalisé manuellement avec des dabas ou mécaniquement avec un semoir. La densité de semis varie selon la richesse du sol, la fumure, la pluviométrie, la possibilité d'irrigation et la précocité. Les densités optimales sont généralement comprises entre 40 000 et 60 000 pieds /ha. La dose de semence est de l'ordre de 15 à 25 kg /ha et les écartements sont de 80 cm entre les lignes et 40 à 50 cm sur les lignes. La profondeur de semis varie de 2 à 6 cm selon la qualité du sol. Un démariage est effectué entre le 15^{ème} et le 20^{ème} jour après semis (SANOU, 2006). Concernant la fertilisation, la recherche recommande pour la culture de maïs un apport de 200 à 300 kg/ha de NPK et 150 kg/ha d'Urée et pour le contrôle des mauvaises herbes, deux à trois sarclages sont nécessaires.

Le 1^{er} intervient au démariage-épandage d'engrais et la date des autres est fonction de l'enherbement.

Arrivé à maturité le maïs peut être récolté dès que 75 % des spathes sont jaunes correspondant à un taux d'humidité de 40 à 50 %, mais il est fortement conseillé de récolter avec des taux d'humidité de l'ordre de 30 à 35% favorisant le séchage avant stockage. La récolte au Burkina Faso est manuelle. Le maïs récolté doit être séché avant stockage pour ramener la teneur en eau à 15 % pour éviter de trop grandes pertes par moisissure.



Photo 1 : Labour à traction bovine (BARRO, 2013)



Photo 2 : Labour à traction motorisée (BARRO, 2013)

II.2. Généralités sur le sorgho

II.2.1. Origine et classification

Le sorgho serait originaire d'Afrique (DEU, 2005) d'où il a atteint l'Asie et s'est ensuite répandu à travers le monde. Selon le même auteur le sorgho présente une diversité génétique importante. Le sorgho cultivé appartient à la famille des Poacées (Graminées) et à la tribu des Andropogoneae qui comprend aussi la canne à sucre et le maïs. Les sorghos cultivés pour le grain sont classés dans la sous-espèce *bicolor* de l'espèce *Sorghum bicolor* (*Sorghum bicolor* subsp. *bicolor*) qui est diploïde ($n = 10$) (CIRAD-GRET, 2002).

II.2.2. Cycle végétatif

La plupart des variétés locales, notamment africaines, sont photopériodiques de jours courts et la floraison est déclenchée lorsque la durée du jour raccourcit et devient inférieure à une valeur seuil. La sélection massale pratiquée par les agriculteurs s'est effectuée de sorte à ce que les variétés locales aient une date de maturité adaptée à la fin de la saison des pluies. Ainsi même avec des dates de semis pouvant varier de plus d'un mois, en fonction du démarrage de la saison des pluies ; ces variétés fleuriront à une date relativement fixe qui permet un calage de la maturation des grains sur le début de la saison sèche. En conséquence, plus le semis est réalisé tôt, plus la durée du cycle végétatif est longue. Suivant les dates de semis, une même variété photopériodique aura un cycle variant de 90 à 160 jours (CIRAD-GRET, 2002). Il existe une date optimale caractéristique d'une région, en lien avec la fin de la saison des pluies, qui contribue à expliquer l'existence d'un grand nombre de variétés locales et leur étroite adaptation géo-écologique (CIRAD, 1998).

Chez le sorgho la germination a lieu 3 à 4 jours après semis si le sol est chaud et humide (température supérieure à 20° c). Ensuite le tallage commence 15 jours environ après le semis, mais il est limité dans le temps par un mécanisme physiologique interne (SENE, 1995). Le développement végétatif se poursuit et peut être important. Il est uniquement assuré par la croissance cellulaire complétée par la photopériodicité (SENE, 1995). L'initiation paniculaire se fait en fin de période végétative. A cette période, la demande en eau est importante.

II.2.3. Facteurs écologiques

La graine de sorgho n'est pratiquement pas dormante. La germination a lieu 3 à 4 jours après semis si le sol est chaud et humide (température supérieure à 20°c) (DEMBELE, 2013).

Pour germer, elle demande des températures moyennes journalières supérieures à 12°C. L'optimum de température pour la croissance est d'environ 30°C (CIRAD-GRET, 2002).

Sur le plan hydrique, le sorgho est une céréale résistante à la sécheresse grâce à ses racines nombreuses et perforantes, à la force de succion et à ses mécanismes de régulation (capacité de réduire son métabolisme durant les périodes très sèches). Un stress hydrique au cours ou juste après l'initiation florale peut réduire la taille de la panicule et le nombre de fleurs. A cette période la demande en eau est importante pour le sorgho. Son cycle végétatif nécessite 500 à 700 mm d'eau (BOUE, 2013).

Le sorgho est adapté à une large gamme de conditions écologiques (TAPSOBA, 1991). Il est tolérant pour les conditions de sol avec une variation de pH de 4,5 à 8. Mais il préfère les sols ayant au moins 20 % d'argile (argilo-sableux, argileux, etc.) avec un bon drainage. Il tolère aussi bien des sols lourds que des sols légers mais sa culture réussit le mieux sur des sols limoneux ou limoneux sableux (SOMA, 2010). Ces types de sol sont favorables au développement du système racinaire du sorgho. En effet selon CHOPART (2015), l'étude menée sur une variété de sorgho tropical à cycle court (110 jours) montrait que la progression du système racinaire était de 1 cm/jour pour atteindre 1,1 m à la récolte.

II.2.4. Culture du sorgho au Burkina Faso

Le semis est l'opération la plus délicate de la culture du sorgho car l'énergie germinative des graines est médiocre. Bien que pouvant être semé sans préparation du sol, notamment en zone tropicale, le sorgho profite d'un travail préalable du sol. Le semis doit être réalisé dans un sol bien humide mais sans excès d'eau, à une profondeur d'environ 2 cm avec des graines saines et récentes traitées par un mélange fongicide insecticide. Traditionnellement, le sorgho est semé manuellement en poquets de 5 à 6 graines. En culture intensive, on utilise un semoir. Les densités de semis varient beaucoup selon les systèmes de culture. Selon le CIRAD (1998), en zone tropicale sèche à plus humide, les densités de semis, pour un poids de semences de 4 à 8 kg/ha, s'étalent de 37 500 à 125 000 plants/ha, mais sont souvent comprises entre 50 000 et 90 000 plants/ha. Les écartements habituels sont de 0,3 m x 0,8 m. Le démariage n'est pas souvent effectué en culture traditionnelle, si ce n'est dans le but de faire des repiquages pour compenser les poquets manquants (dans ce cas, le repiquage doit être fait avec des plantules âgées de trois à quatre semaines). En culture intensive avec un semis en poquet, le démariage doit intervenir rapidement, une dizaine de jours après la levée et laisser trois pieds par poquet. On recommande de faire le premier sarclage au même

moment. Par la suite, les sarclo-binages doivent être réalisés de façon à empêcher les mauvaises herbes de concurrencer le sorgho.

Concernant la fertilisation et selon le CIRAD-GRET (2002), pour produire 2 t/ha, on estime qu'il faut apporter, suivant les situations, 35 à 45 kg/ha de N. Cet azote est complètement valorisé par la plante uniquement si les quantités disponibles de phosphore assimilable par la plante sont suffisantes. Cela dépend de la richesse du sol en cet élément et des restitutions. Pour le même niveau, une fumure d'entretien se situe entre 20 et 30 kg/ha de P₂O₅. Le complément potassique dépend de la richesse du sol en cet élément et de la quantité de paille restituée sous quelque forme que ce soit enfouissement direct, compost, fumier ou poudrette.

À maturité, soit trente à quarante jours après la floraison, lorsque le grain a pris sa couleur définitive, il est recommandé de récolter sans tarder et de préserver les panicules de l'humidité. On évite ainsi les attaques d'oiseaux et celles des moisissures auxquelles les graines de sorgho sont exposées.

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Situation géographique

La province du Tuy est située entre la latitude 11° et 12° Nord et la longitude 1° et 4° Ouest. La province est limitée au Nord et à l'Est par les provinces des Balé et du Mouhoun, à l'Ouest par la province du Houet et au Sud par les provinces de la Bougouriba et de l'Ioba (figure 2). Elle couvre une superficie de 5632 km².

La province compte 228 458 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2006, soit 1,63 % de la population totale du Burkina Faso et 15,55 % de la population régionale (Hauts Bassins). La densité moyenne est de 29 habitants au km².

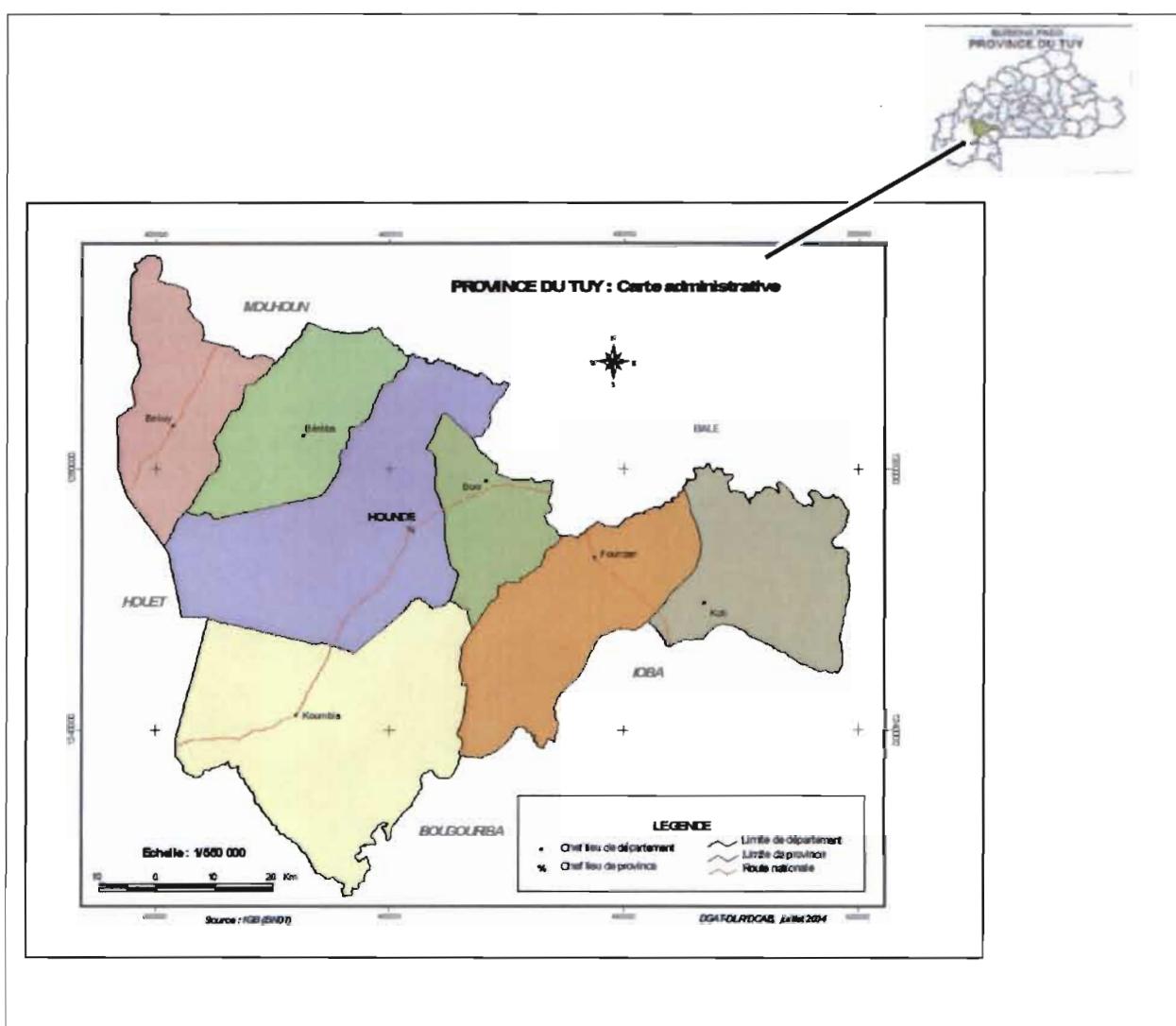


Figure 2 : carte administrative de la province du Tuy

I.2. Climat et pluviosité

La zone ouest du Burkina Faso appartient au domaine sud soudanien selon le découpage des zones climatiques réalisé par GUINKO (1984). Cette zone est caractérisée par deux grandes saisons : une saison humide d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars.

La province du Tuy est comprise entre les isohyètes 800 et 1000 mm (BLANCHARD *et al.* 2005). C'est une province relativement bien arrosée par les pluies. La figure 3 montre la pluviométrie au cours de ces 6 dernières années de la station de Houndé. Le cumul pluviométrique varie d'une année à l'autre et n'est pas lié aux nombres de jours de pluies.

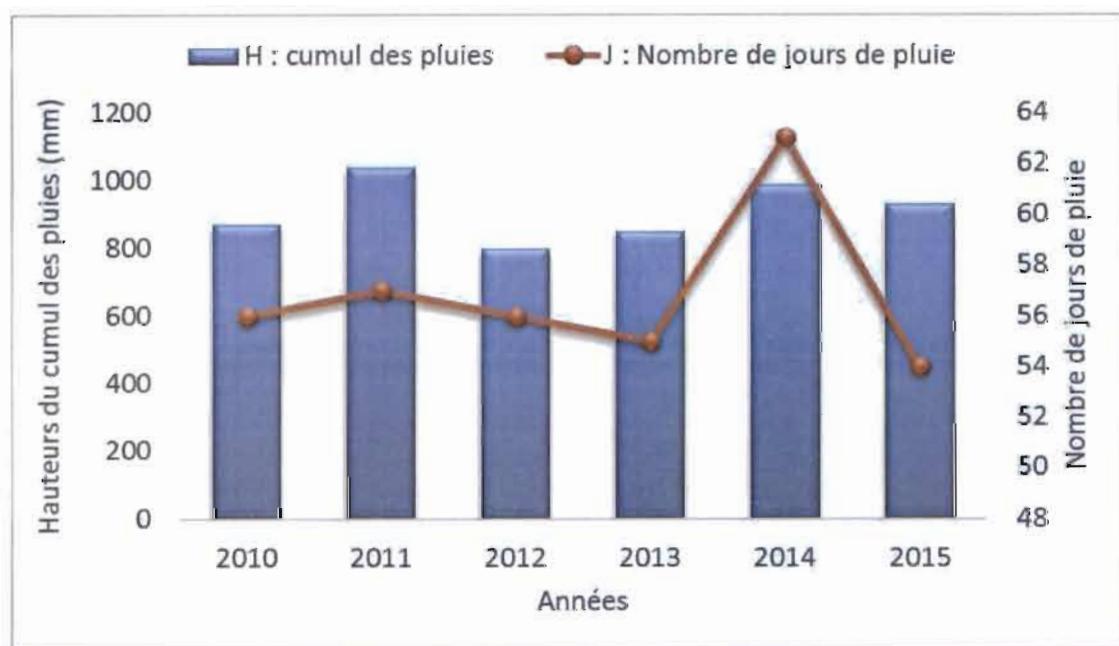


Figure 3 : Evolution du cumul des pluies et du nombre de jours de pluie de 2010 à 2015 de la province du Tuy (DRAH Houndé)

I.3. Relief et sols

Le relief de la province du Tuy, avec une altitude moyenne de 320 m est relativement plat. Il existe cependant des collines atteignant 450 m de haut dans les zones de Boni, Kari et de Kongolikan. Des plateaux se rencontrent dans les zones de Koti, Koumbia, Béréba et Békuy. On trouve des plaines de 320 m d'altitude situées dans les départements de Koumbia, de Founzan, de Koti, de Béréba et de Békuy. On rencontre également des vallées à Grand Balé et Son.

La province regorge d'une diversité de types de sols. Les sols ferrugineux riches en dioxyde de fer de couleur rouille occupent 30% du territoire. La valeur agronomique de ce type de sol est moyenne. Les sols bruns eutrophes riches en éléments alcalins occupent environ 15 % du territoire ; ils sont de bonne qualité pour l'agriculture. Les sols gravillonnaires sont un peu partout sur le territoire, leur valeur agronomique est faible. Les sols sablo-argileux occupent au moins 15% de l'espace cultivable. Les sols hydromorphes se trouvent dans les vallées des cours d'eau. Enfin une partie importante du territoire (20 %) est occupée par les cuirasses ferrugineuses, des affleurements de roches. Ce sont des zones improches à l'agriculture. Toutefois les terres cultivables représentent 50% de la superficie de la province.

I.4. Végétation

La formation végétale est constituée essentiellement : de forêts claires, de forêts galeries le long des cours d'eau et une bonne partie en savane arborée et arbustive. Il existe aussi les forêts rupicoles dans les départements de Boni et de Houndé, (Kiéré ; Kari, Dankan). La province du Tuy compte huit (8) forêts classées sur une superficie cumulée de 1491,40 ha ; soit environ 29 % de l'étendue territoriale et neuf (9) forêts villageoises dans les départements de Béréba, Founzan et Koumbia. Dans cette zone les espèces ligneuses sont nombreuses. On rencontre fréquemment les espèces suivantes : *Acacia albida*, *Adansonia digitata*, *Bombax costatum*, *Detarium microcarpum*, *Parkia biglobosa*, *Lannea acida*, *Tamarindus indica* *Khaya senegalensis* et une gamme de *Combrétacées*. Parmi les herbacées on trouve : *Andropogon sp*, *Pennisetum pedicellatum*, *Loudetia togoensis*.

I.5. Caractéristiques économiques

La combinaison d'une bonne pluviométrie et de sols d'assez bonnes qualités, offre aux habitants de Tuy des conditions favorables au développement de l'agriculture. La production est dominée par la culture de coton, ensuite viennent le maïs, le sorgho, le riz, le mil, le soja, et enfin les oléagineux (arachide, sésame).

L'élevage est une activité qui occupe le deuxième rang après l'agriculture. Il est pratiqué par l'ethnie peulh, les autochtones agriculteurs, les commerçants et fonctionnaires en activité. Deux systèmes de production coexistent dont l'un traditionnel dominant, essentiellement extensif et l'autre semi-intensif concernant l'embouche bovine. Le mode d'élevage extensif fortement tributaire des ressources alimentaires primaires de plus en plus

rares avec la réduction des pâturages due aux aléas climatiques et à l'action de l'homme se heurte aujourd'hui à de nombreux problèmes et conflits entre agriculteurs et éleveurs. On note aussi dans la zone d'autres activités telles que l'orpailage, le commerce et l'artisanat.

II. METHODES

II.1. Choix des villages et des producteurs

II.1.1. Choix des villages

Le choix des villages a été fait de manière à tenir compte des variabilités spatiales entre les zones de culture. Ces variabilités peuvent être observées à une échelle locale tels que les sols, la topographie, la proximité avec le village, la proximité avec les cours d'eau, les variétés utilisées, ... De plus ces variabilités peuvent être plus globale à savoir la pluviométrie, la géologie, l'accessibilité, l'histoire agraire, ... Il a donc été décidé de faire une étude plus approfondie autour de la région de Koumbia. Cette étude consiste à un suivi de 90 parcelles intégrant ou non plusieurs villages puis de trois autres villages avec chacun 30 parcelles. Ces villages doivent être éloignés les uns des autres et présenter des dynamiques différentes.

Six villages ont été retenus pour l'étude, de sorte à être assez représentatifs de la province. Il s'agit des villages de Boni, de Dimikuy, de Founzan, de Gombeledougou et de Koumbia. Koumbia a été scindé en deux à savoir zone ouest appelé campement mossi et la zone est appelé Koumbia bwaba.

❖ *Koumbia*

Le village de Koumbia a pour coordonnées géographiques 12°42'20" Nord de Latitude et de Longitude 4°24'01" Est et d'Altitude 290 m selon BLANCHARD *et al.* (2005). Il est situé à 67 km sur la nationale N° 1, à l'Est de Bobo-Dioulasso, chef-lieu de la région administrative des Hauts-Bassins. Koumbia est une commune rurale de la province du Tuy à 34 km au Sud-ouest de Houndé qui est le chef-lieu de la province.

❖ *Gombélédougou*

Le village de Gombélédougou de Latitude 11°11'6" Nord et de Longitude 3°33'12" Ouest se trouve dans la commune de Koumbia. Il est situé à 86 km à l'Est de Bobo-Dioulasso, sur l'axe routier Koumbia-Diébougou et, à 19 km à l'Est de Koumbia.

❖ *Boni*

La commune rurale de Boni se situe entre 11°21'26" et 11°39'19" de Latitude Nord et entre 3°29'36" et 3° 16' 48" de Longitude Ouest. Il fait partie de la province du Tuy. Le village est situé sur la RN1 à 15 km de Houndé.

❖ *Founzan*

La commune de Founzan est comprise entre 11°10'42" et 11°3'3" de Latitude Nord et 3° 3' 39" de Longitude Ouest. La commune couvre une superficie de 874 km2 et est située à 40 km du chef-lieu de la province Houndé.

❖ *Dimikuy*

Le village de Dimikuy de Latitude 11°38'21" Nord et de Longitude 3°43'12" Ouest est situé dans la province du Tuy à 5 km de Béréba la commune rurale. Il se trouve à 30 km de Houndé.

La figure 4 situe l'ensemble des 5 villages dans la province du Tuy.

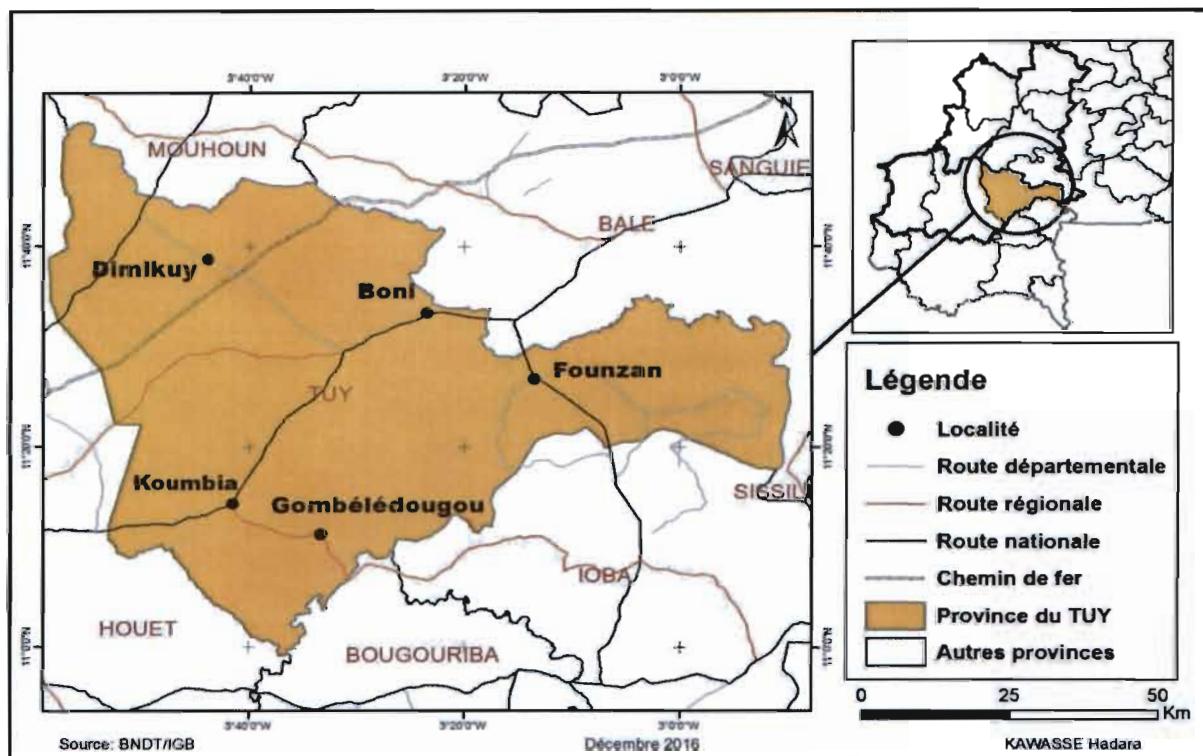


Figure 4: carte montrant les sites d'étude

II.1.2. Choix des producteurs

Les producteurs ont été sélectionnés en fonction des cultures pratiquées (maïs, sorgho,) sur la base du volontariat de façon participative selon les critères de disponibilité en

terre, et de localisation des parcelles. Une des conditions pour ce suivi est que les parcelles des producteurs doivent être représentatives de l'ensemble des parcelles des villages.

Tableau 2: nombre de parcelles de chaque culture dans les villages retenus

Années	Cultures	villages						Total général
		Boni	Dimikuy	Founzan	Gombeledougou	Koumbia bwaba	Koumbia mossi	
2014	Maïs	18	15	11	18	18	12	92
	Sorgho	12	8	15	10	-	4	49
2015	Maïs	18	14	9	14	14	13	82
	Sorgho	5	9	14	8	-	7	43

II.2. Fiches d'enquêtes

Deux fiches d'enquêtes ont été élaborées et destinées aux producteurs afin de collecter les données relatives aux suivis des cultures et les raisons de préférence des variétés améliorées des semences spécifiques à chaque producteur dans les différents villages.

II.3. Présentation du suivi des cultures

Deux suivis de culture ont été réalisés, l'un en 2014 et l'autre en 2015, dans les 6 villages. Ces suivis ont été effectués sur les parcelles de maïs et de sorgho. Le suivi est constitué d'enquêtes sur l'historique et les propriétés de chaque parcelle et d'une description des itinéraires techniques. Des mesures de rendements ont été effectuées en fin de campagne et les données pluviométriques ont été relevées.

En effet les enquêtes individuelles avec les producteurs sur l'historique et les propriétés de chaque parcelle ont permis de collecter des données concernant la parcelle à savoir le type de champ, la propriété, la texture du sol, l'historique des précédents culturaux et des traitements au cours des campagnes précédentes (voir annexe a).

La performance agronomique à laquelle l'étude s'est intéressée est le rendement grain qui a fait l'objet de mesures à la récolte dans des placettes ou carrés de rendement au nombre de trois notées A, B et C installées au hasard dans la parcelle.

Concernant les pluies, trois à quatre pluviomètres ont été installés dans chacun des six villages. Les quantités de pluies tombées journalières ont été relevées durant toute la saison des pluies. Des mesures GPS de toutes les parcelles ont également été effectuées afin de les relier aux différents pluviomètres. Toutes les parcelles suivies doivent être situées, au maximum, à une distance de 2 km d'un pluviomètre.

II.4. Estimation des rendements

Les productions des carrés de rendement en grain sont séchées et pesées. La moyenne est calculée par parcelle. Ces moyennes sont rapportées à l'hectare selon la formule ci- après :

$$\text{Rendement grain (kg/ha)} = \text{Pm/CR} \times 10000$$

Pm : désigne le rendement des carrés de rendement (kg/ha)

CR : superficie du carré de rendement (m²).

La moyenne des rendements des placettes permet d'obtenir le rendement moyen par parcelle.

II.5. Estimation de la variabilité

La variabilité est estimée à travers le calcul du coefficient de variation. Le coefficient de variation (CV) également nommé écart type relatif, est une mesure de dispersion relative. Il est défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne. Ainsi plus la valeur du coefficient de variation est élevée, plus la dispersion autour de la moyenne, est grande. Il est généralement exprimé en pourcentage. Sans unité, il permet la comparaison de distributions de valeurs dont les échelles de mesure ne sont pas comparables.

II.6. Enquêtes de terrain supplémentaire

Des enquêtes supplémentaires ont également été effectuées auprès de tous les agriculteurs concernés par l'étude. L'idée ici était de récolter des informations générales sur l'exploitation (nombre de bovins de trait et d'élevage, la superficie de l'exploitation, les types de champs etc.) mais aussi des informations relatives aux différentes variétés de maïs et de sorgho (annexe 2). L'objectif est de comprendre pourquoi un producteur préfère une variété de maïs ou de sorgho plutôt qu'une autre.

II.7. Analyse de données

Le logiciel Microsoft Excel 2013 a été utilisé pour la saisie. La méthode d'analyse utilisée a été celle utilisant des analyses statistiques descriptives telles que la moyenne, les écarts types à travers les tableaux croisés dynamiques. Excel a servi également à la réalisation des graphiques.

Le logiciel Statistica a servi pour l'analyse descriptive et la séparation des moyennes avec le test de student.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

I.1. Analyse de la variabilité des rendements.

I.1.1. Analyse des rendements du maïs et du sorgho

Les analyses des rendements de 2014 et 2015 dans les 6 villages de la zone d'étude du maïs et du sorgho sont représentés dans les figures 5 et 6. Les rendements varient d'un village à l'autre sur les deux années. Le rendement le plus élevé en maïs (figure 5) s'obtient dans le village de Koumbia bwaba (KBWA) avec 3 670,26 kg/ha en 2014 et 3 054,74 kg/ha en 2015 à Gombeledougou (GOMB). Néanmoins les faibles rendements ont été constatés dans les villages de Founzan (FOUN) et Koumbia mossi (KMOS) avec respectivement 2 086,07 kg/ha en 2014 et 1 836,51 kg/ha en 2015. Concernant le sorgho (figure 6), le rendement est le plus élevé à Boni en 2014 (1 140 kg/ha) et à Gombeledougou en 2015 (1 250,98 kg/ha). Cependant les rendements les plus faibles sont obtenus à Dimikuy (DIMI) avec 758,68 kg/ha en 2014 et à Koumbia mossi (938 ,15 kg/ha) en 2015.

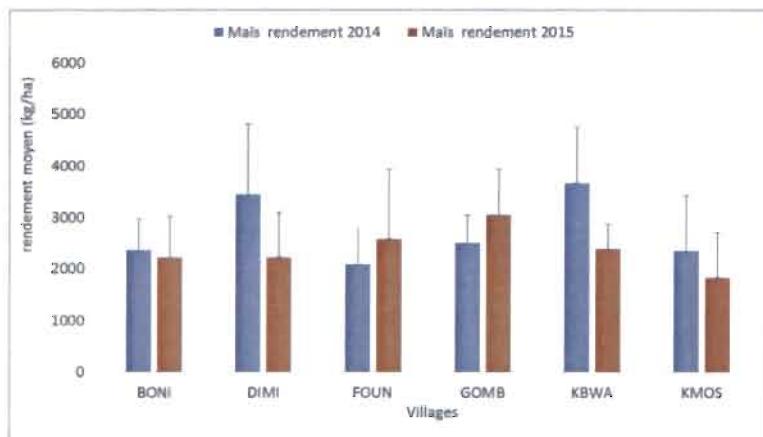


Figure 5: rendements du maïs grain en fonction des villages en 2014 et 2015

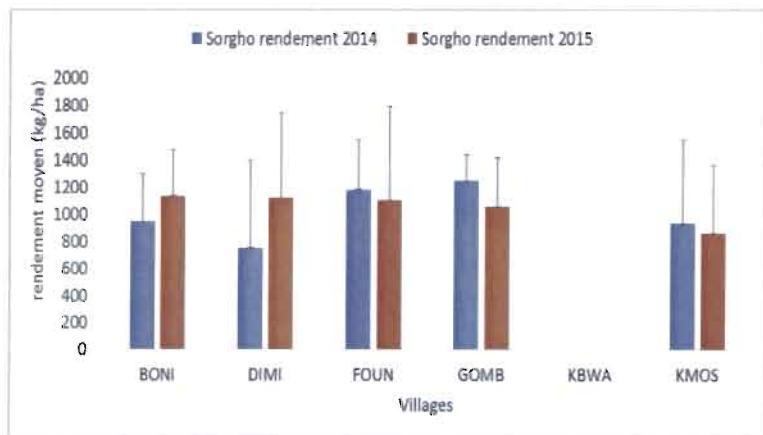


Figure 6: rendements du sorgho grain en fonction des villages en 2014 et 2015

I.1.2. Quantification de la variabilité intra villageois

Le coefficient de variation a été calculé pour chaque village en 2014 et 2015 (Tableau 3).

Tableau 3 : coefficient de variation des rendements par village et par année

Cultures	Année	Coefficient de Variation (%)					
		Villages					
		BONI	DIMI	FOUN	GOMB	KBWA	KMOS
Maïs	2014	26,14	39,73	33,62	22,07	29,34	46,93
	2015	36,92	39,75	52,85	28,93	20,86	47,08
Sorgho	2014	31,2	56,96	32,73	18,38	-	70,55
	2015	35,76	81,45	57,49	28,69	-	53,21

Légende : DIMI. Dimikuy ; FOUN. Founzan ; GOMB. Gombeledougou ; KBWA. Koumbia Bwaba ; KMOS. Koumbia Mossi

Seul village de Founzan se différencie des autres en 2015 où le coefficient de variabilité est de 52,85 %. Pour le sorgho, les variabilités des rendements sont fortes dans plusieurs villages sur les deux années : en 2014, la variabilité est de 56,96 % à Dimikuy et 70,55 % à Koumbia mossi et en 2015, elle de 81,45 % à Dimikuy (81,45 %), 53,21% à Koumbia mossi (53,21 %) et 57,49 % à Founzan.

I.1.3. Rendements du maïs et du sorgho de l'ensemble des parcelles

Les statistiques des rendements du maïs et du sorgho de l'ensemble de la zone d'étude sont présentées sur les deux années (Tableau 4).

Tableau 4 : statistique des rendements du maïs et du sorgho. NS= p>0,05

Rendements	Maximum	Minimum	Moyenne	Coefficient de variation (%)	Test t de Student
Maïs 2014 (kg/ha)	6 333,27	692,40	2 781,77 ^a ± 1094,11	39,33	NS
Maïs 2015 (kg/ha)	4 802,76	415,32	2 364,75 ^a ± 929,33	39,3	
Sorgho 2014 (kg/ha)	2 477,33	283,31	1 089,64 ^a ± 407,05	37,36	NS
Sorgho 2015 (kg/ha)	2 574,52	109,61	1 058,25 ^a ± 560,98	53,01	

L'année 2014 est plus productive que 2015 sur l'ensemble de la zone quel que soit la culture. Les rendements de 2014 des deux cultures sont plus élevés que ceux de 2015. Cependant l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative. Les rendements n'ont donc pas varié au cours de ces deux années.

Les écart-types des rendements par rapport aux moyennes des deux cultures sont très élevés. Cela traduit une dispersion des rendements et montre ainsi une variation de la production au niveau des parcelles. Cette variabilité est faible pour le maïs, et élevée pour le sorgho seulement en 2015.

Les tendances suivantes sont observées :

- La variabilité interannuelle des rendements du maïs est faible en 2014 et 2015
- La variabilité interannuelle des rendements du sorgho est élevée en 2015.
- De fortes variabilités ont été constatées dans les villages témoignant ainsi d'une grande variabilité des rendements dans la zone du Tuy.

I.2. Analyse des facteurs intervenant dans le processus d'élaboration des rendements

I.2.1. Les sols

I.2.1.1. Répartition des sols par village

L'enquête menée auprès des producteurs a révélé que la zone regroupe une importante diversité de types de sols (Figure 7). Le facteur sol est un facteur essentiel de la production agricole. Chaque type de sol se distingue par ses caractéristiques physiques chimiques et biologiques qui influencent les rendements. Les sols à texture gravillonnaire sont représentés dans les six villages. Les sols argileux sont représentés dans les villages suivants : Boni, Dimikuy, Gombeledougou et Koumbia mossi. Les sols à texture sableux se retrouvent dans tous les villages sauf à Gombeledougou.

Contrairement à 2014, en 2015, en nombre de parcelles les sols à texture argileux sont les plus représentés dans la zone (Boni, Founzan, Gombeledougou et Koumbia mossi). Les sols à texture sableux sont surtout dans les villages de Founzan, Koumbia bwaba et Koumbia mossi.

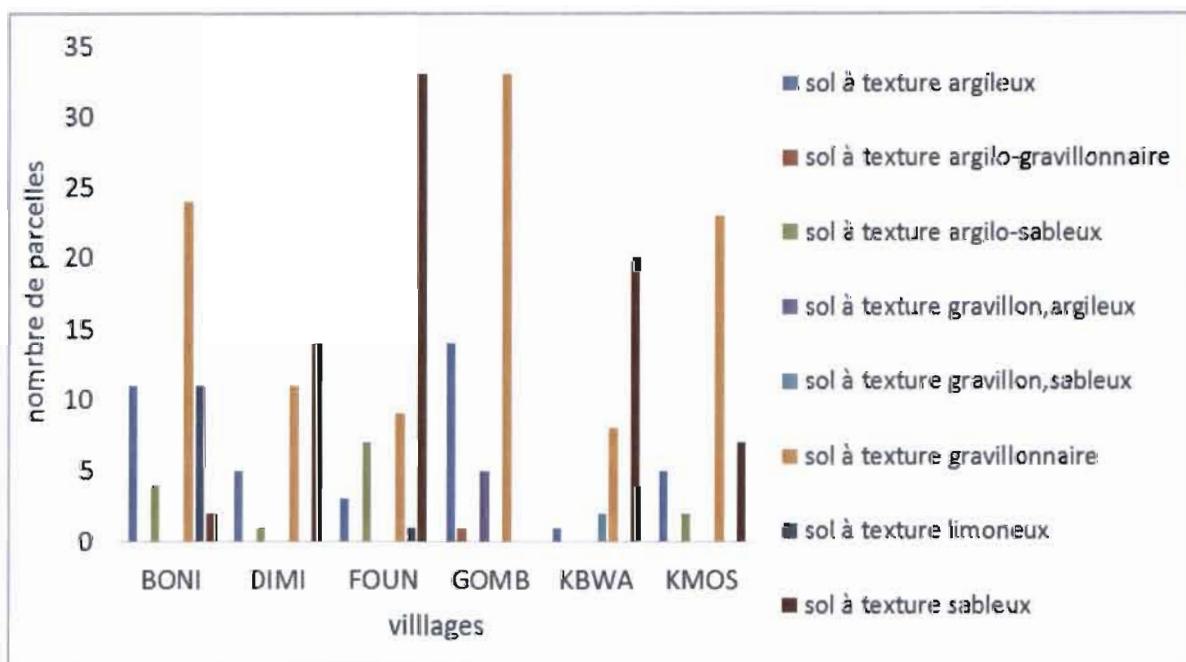


Figure 7: les types de sols rencontrés dans chaque village

I.2.1.2. Profondeur des sols

Deux niveaux de profondeur des types de sols ont été définis dans l'ensemble des villages (Figure 8) : les sols peu profonds et les sols profonds. A Dimikuy et Founzan la grande majorité des sols sont profonds contrairement à Boni, Gombeledougou, Koumbia bwaba et mossi où les sols peu profonds sont majoritaires.

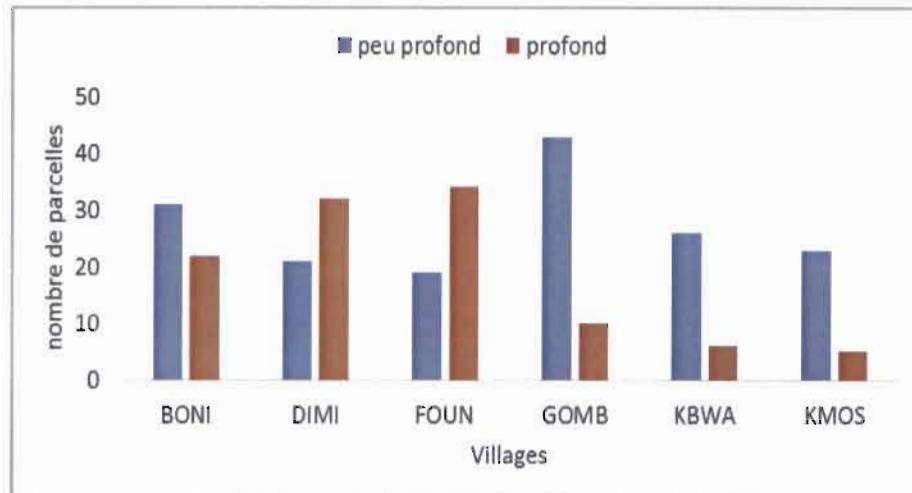


Figure 8: profondeur des sols dans chaque village

I.2.2. Fertilité définie des parcelles par les producteurs de chaque village

La fertilité des parcelles est définie par les producteurs sur un classement de trois niveaux de fertilité (très bonne, bonne et faible). Elle varie d'un village à l'autre et au sein d'un même village (figure 9). Les champs de très bonne fertilité se retrouvent dans quatre villages : Boni, Dimikuy, Founzan et Gombeledougou. La majorité des parcelles sont de fertilité bonne. Cependant il existe aussi des champs de faible fertilité dans tous les villages

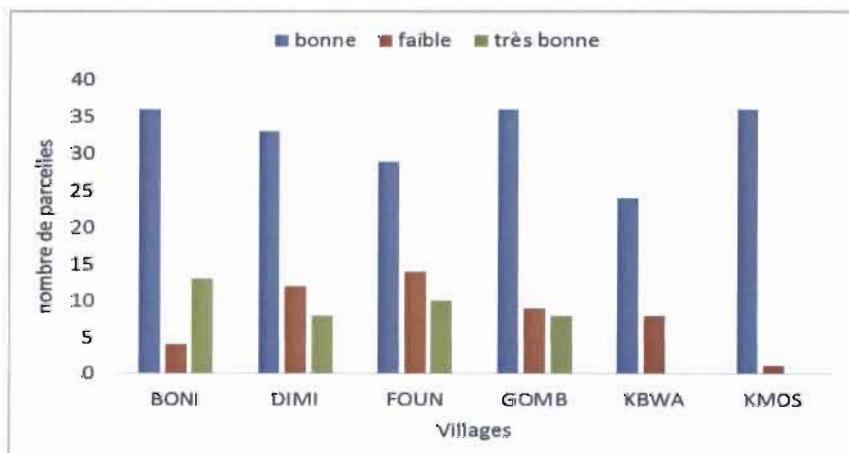


Figure 9: fertilité définie des sols dans chaque village

I.2.3. Analyse des pratiques culturales sur les parcelles de maïs et de sorgho

I.2.3.1. *Travail de sol*

Sur maïs, le travail de sol effectué par les producteurs est attelée et réalisée par 97% des producteurs et manuel par seulement 2%. Cependant 1% des producteurs ne réalise pas cette opération. Sur le sorgho, le travail du sol a été réalisé par 84 % des producteurs de façon attelée et 7 % manuellement. Aussi 8 % des producteurs n'ont pas travaillé leurs sols.

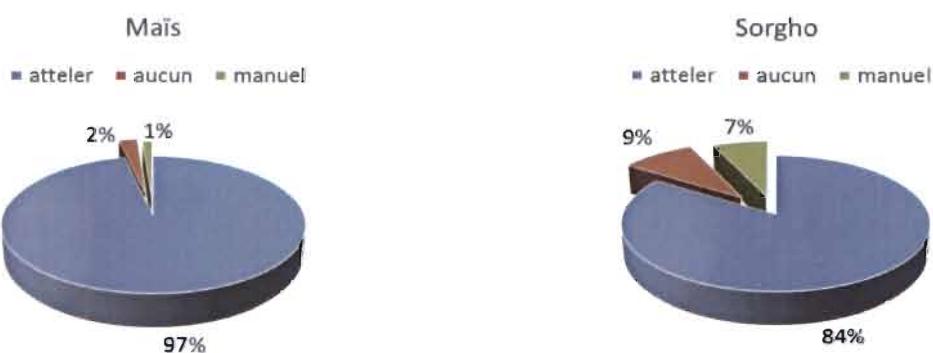


Figure 10: travail du sol de chaque culture

I.2.3.2. *Le type de travail de sol*

Trois types de travail de sol sont réalisés dans la conduite de ces deux cultures (figure 11) : le billonnage, le labour à plat et le grattage. Le billonnage est pratiqué par 75 % des producteurs sur maïs et 86 % sur sorgho. Le labour à plat est réalisé sur maïs par 22 % des producteurs, et sur le sorgho par 3 % des producteurs. Le grattage, est effectué par 3 % des producteurs sur maïs et par 11 % des producteurs sur sorgho. En fonction des conditions de conduite de l'itinéraire technique, les performances agronomiques sont différentes d'une parcelle à l'autre. L'analyse menée sur les pratiques culturales a montré une diversité de situations dans la zone variant d'un producteur à l'autre.

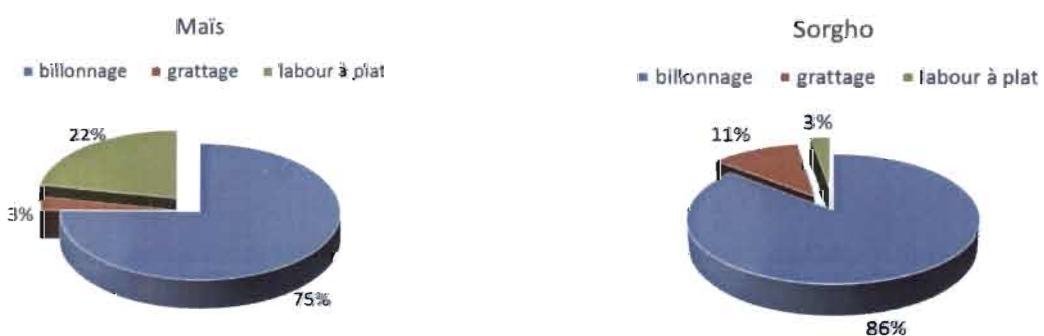


Figure 11 : différents types de travail de sol de chaque culture

I.2.3.3. Mode de traction

Le mode de traction le plus utilisé pour les opérations culturales est la traction animale : 89 % des producteurs de maïs et 97 % des producteurs de sorgho. Le tracteur est utilisé par 10 % des producteurs de maïs et 3 % des producteurs de sorgho. Quelques producteurs (1%) utilisent les bœufs et les tracteurs.

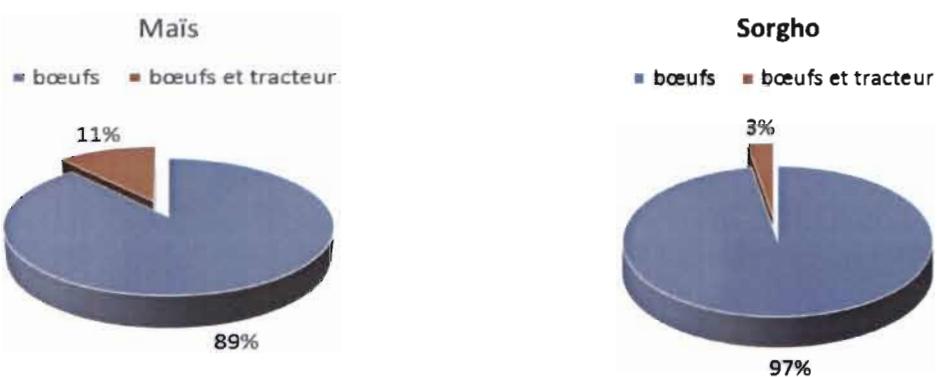


Figure 12: mode de traction

I.2.3.4. La fumure organique et minérale

Les paysans, dans la mesure de leurs possibilités, apportent de la fumure organique ou minérale dans leurs parcelles, mais le mode d'apport diffère selon le type de fumure. Ainsi la fumure organique est appliquée sous forme de fumier ou de parçage, disséminée sur la parcelle.

En culture de maïs 33% des producteurs ont apporté de la fumure organique dans les parcelles. Sur le sorgho, 31% des producteurs ont apporté de la fumure organique. Cependant les doses apportées sont souvent faibles et en deçà des doses recommandées par la recherche. Les producteurs sont donc obligés de l'appliquer de façon localisée c'est-à-dire à l'endroit où la fertilité est faible. Il est donc difficile de quantifier les différents apports à la parcelle afin d'appréhender leur effet sur la variabilité des rendements. Le non apport de la fumure chez certains producteurs s'explique par le manque de moyen de transport, l'une des difficultés majeures pour certains producteurs.

La fumure minérale est appliquée par les producteurs à différentes doses en fonction de la superficie des champs, de la fertilité définie des parcelles mais aussi des moyens

financiers. La fumure minérale apportée est constituée essentiellement du NPK, d'urée et de KCL. Le mode d'apport diffère d'un producteur à l'autre et peut aller jusqu'à 4 apports au sein de la parcelle. Les doses et dates recommandées par la recherche sont de 150 Kg/ha de NPK du semis au 15ème jour après semis et 100 Kg/ha d'urée au 30ème jour après semis.

I.2.3.5. Dates de semis et de sarclage pour l'année 2014

Les dates de semis ont beaucoup varié d'un village à l'autre et au sein même du village. Cette situation s'explique par l'installation précoce ou tardive de la pluie. En 2014, les pluies se sont très vite installées sur l'ensemble de la zone. Des semis précoce du maïs ont été observés en fin mai à Founzan et Koumbia mossi. La majorité des semis dans l'ensemble des villages ont été effectués en juin. Certains semis ont également été effectués jusque dans la 1^{ère} et 2^{ème} quinzaine du mois de juillet à Boni, Dimikuy et Gombeledougou. Des semis précoce ont également été observés en fin mai en culture de sorgho à Boni, Founzan et Koumbia mossi et la majorité a été réalisée dans le mois de juin et juillet.

I.2.3.6. Dates de semis et de sarclage pour l'année 2015

Les pluies se sont installées tardivement en 2015 à Boni si bien que 99 % des parcelles de maïs ont été semées dans la première quinzaine du mois de juillet et une seul parcelle en juin. Cependant dans les autres villages, la majorité des semis a été effectuée dans le mois de juin et le reste dans la première quinzaine du mois de juillet. Les semis concernant le sorgho ont varié de juin à la 1^{ère} quinzaine du mois d'août. Concernant le sorgho, des semis précoce ont été réalisés dans le mois de juin (Founzan, Gombeledougou et Koumbia mossi). Dans les villages de Boni et Dimikuy les semis ont commencé en juillet jusqu'au mois d'août.

La pratique des semis précoce est commune pour tous les villages de la zone en cas d'installation rapide des pluies. Cela constitue une stratégie de gestion du risque pour les agriculteurs : en cas de réussite ces semis précoce ont l'avantage de permettre aux cultures de mieux valoriser le peu de fumure disponible dans les parcelles (car il y a une minéralisation rapide de l'azote organique suite aux premières pluies), d'amoindrir la compétition avec les mauvaises herbes et de permettre aux plants de mieux s'enraciner avant les fortes pluies. Par ailleurs, certaines variétés cultivées par les paysans sont photopériodiques, avec une période de floraison coïncidant avec la date moyenne de fin de saison quelle que soit la date de semis. Ainsi, un semis réalisé tôt leur permet donc d'avoir une durée de végétation plus longue, et donc un potentiel productif plus élevé.

I.2.3.7. *Contrôle des mauvaises herbes*

Le contrôle des mauvaises herbes se fait à travers des sarclages réalisés de façon manuelle ou attelée. Le nombre de sarclage a varié d'un producteur à l'autre et ce en fonction de l'enherbement. Certains sont même allés jusqu'à 5 sarclages dans la même parcelle en 2015. Les dates de réalisation de ces opérations n'ont pas été respectées par tous. Les producteurs expliquent cela d'abord par les pluies, par le taux d'enherbement ou encore par le fait que la main d'œuvre n'était pas disponible en cette période.

I.2.4. *Pluviométrie*

I.2.4.1. *Pluviométrie par village*

Les pluies se sont installées en juin en 2014 (Figure 13). Les courbes des cumuls pluviométriques des six villages présentent la même allure avec plusieurs variations, de 1018 mm à 835 mm de pluie. L'écart qui est de 183 mm de pluie tombée correspond à un coefficient de variabilité de 17,97%. Cependant en 2015 (figure 14) le cumul de pluie est beaucoup plus élevé : 1243 mm à Gombeledougou et de 985 mm de pluie à Founzan avec un écart de 258 mm. Le coefficient de variabilité est donc de 20,75 %. La variabilité spatiale de la pluviométrie sur les deux années de suite n'est pas si forte entre les différents villages de cette partie du Burkina Faso.

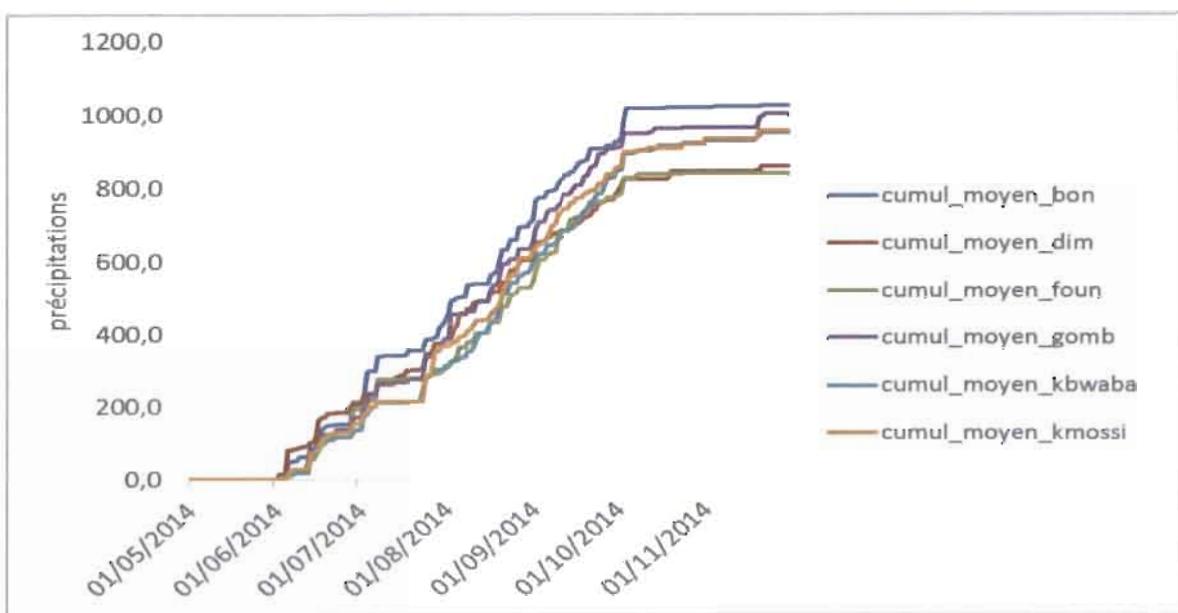


Figure 13: pluviométrie moyenne de chaque village (2014)

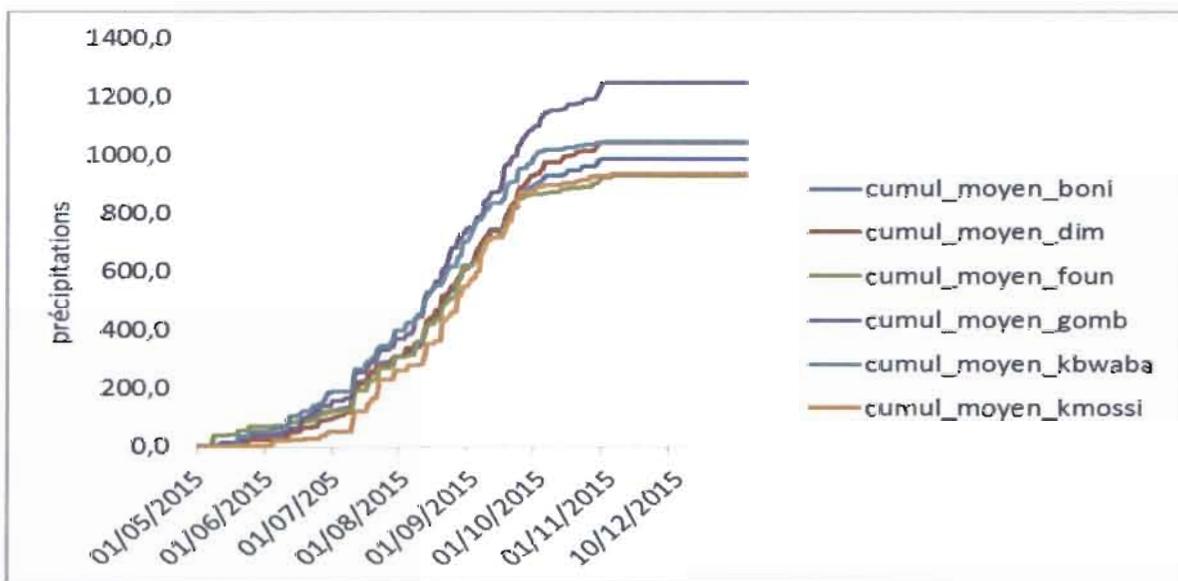


Figure 14: pluviométrie moyenne de chaque village (2015)

I.2.4.2. Pluviométrie par pluviomètre de chaque village

Le cumul pluviométrique des différents pluviomètres installés dans chaque site de la zone d'étude montrent plus ou moins la même allure des cumuls dans chaque village en 2014 et 2015. Les pluies se sont installées en fin mai début juin dans la majorité des villages en 2015 (figure 16) alors qu'en 2014, l'installation a été tardive (figure 15).

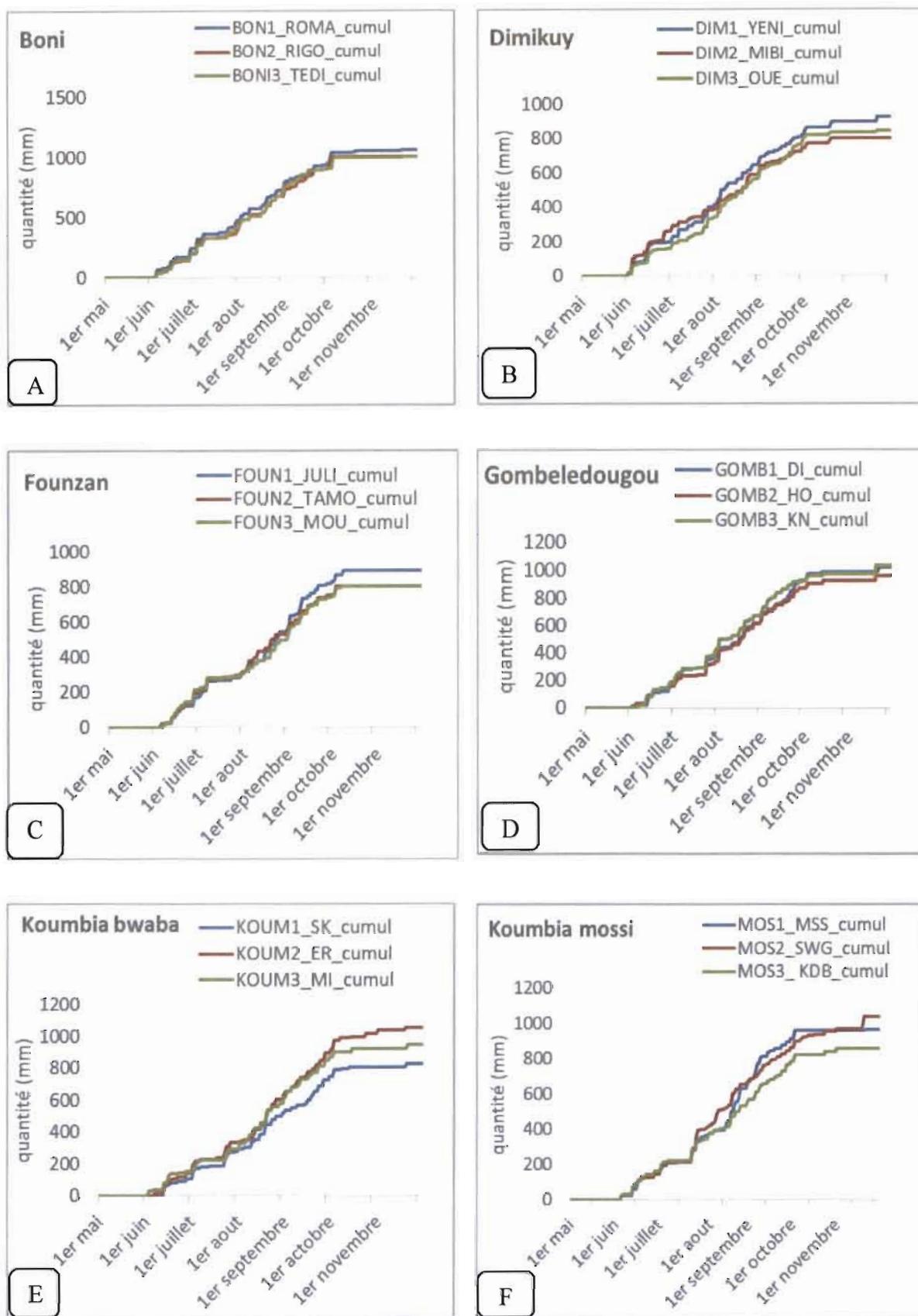


Figure 15: pluviométrie de chaque village par pluviomètre (2014)

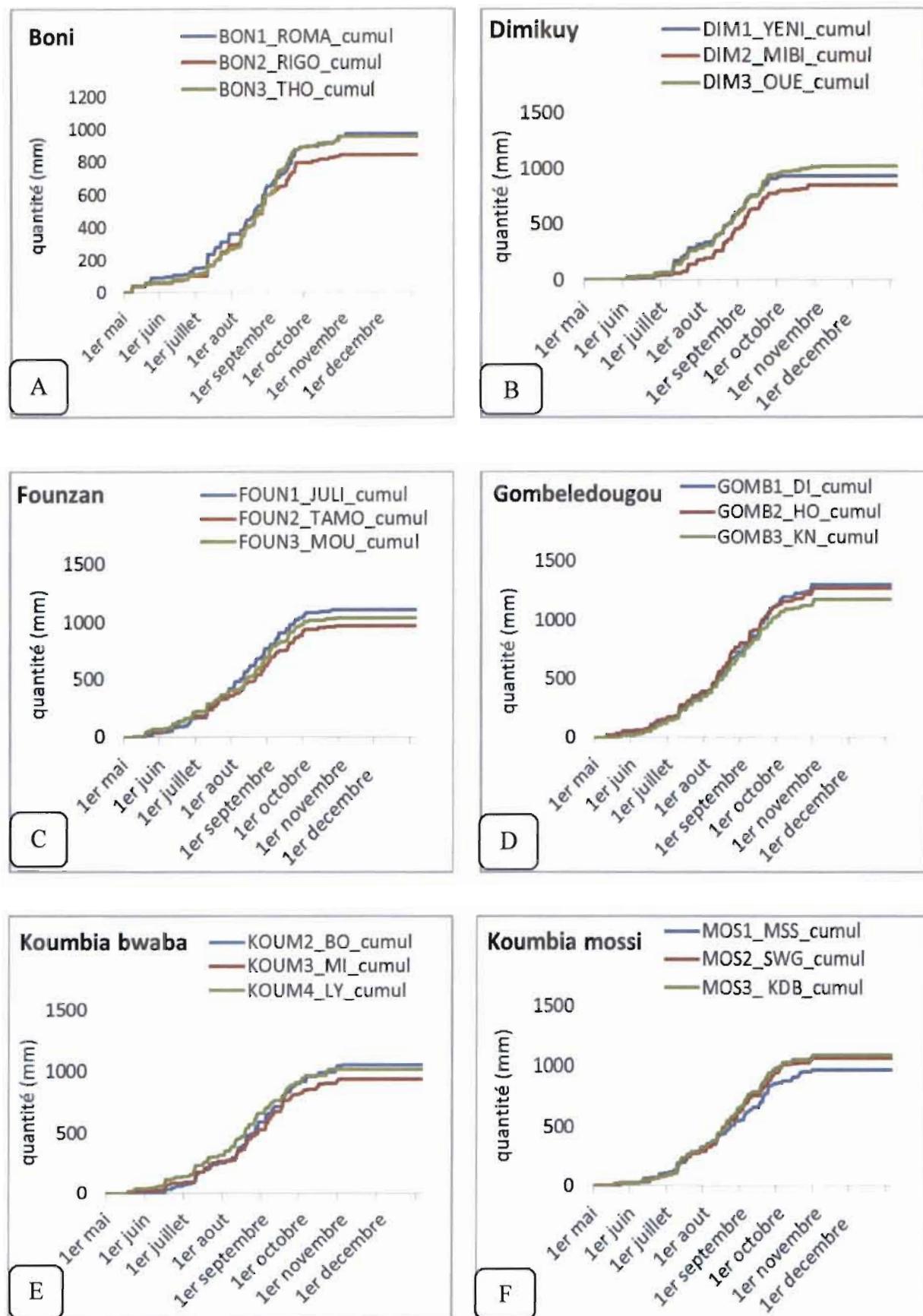


Figure 16: pluviométrie de chaque village par pluviomètre (2015)

1.3. Analyse des rendements en fonction de certains facteurs

1.3.1. Rendement par rapport aux variétés de maïs

Les rendements obtenus des variétés améliorées ou d'origines améliorées de maïs sont comparés en fonction des villages (Tableau 5).

Tableau 5 : rendements des variétés améliorées du maïs

Villages	Variétés maïs	Rendement moyen 2014 (kg/ha)	Rendement moyen 2015 (kg/ha)
Boni	Américain	2284,80 ± 514,96	3121,54 ± 973,91
	Barka	2438,04 ± 242,7	2381,25 ± 787,53
	Bondofa		2741,11
	Espoir	3262,17	1186,71
	SR22	1723,47	1301,78
	Wari		1596,92
	Massongo	2413,34 ± 848,43	2201,67
Dimikuy	SR21	1276,75	1899,51 ± 877,32
	Barka	2839,04 ± 827,28	1963,42 ± 896,93
	SR21	4449,24 ± 1463,54	2475,91 ± 853,85
Founzan	SR22	3798,40	
	Barka	1530,12	
	Komsaya	692,40	
Gombeledougou	SR21	2362,08 ± 533,48	2802,83 ± 1252,74
	Komsaya	1754,10	
	SR21	2547,84 ± 457,49	3077,40 ± 915,49
Koumbia Bwaba	Bodonfa	4619,57 ± 985,57	
	Komsaya	4754,99	
	Massongo	4179,76 ± 113,82	2627,97
	SR21	3186,76 ± 1031,9	2144,53 ± 342,72
Koumbia Mossi	Bodonfa	2333,99 ± 1276,23	
	SR21	2289,06 ± 1020,76	2300,38 ± 688,33
	SR22		1003,12 ± 671,86
	Nafasso		2372,45

Dans le village de Boni huit variétés de maïs ont été utilisées par les producteurs. Le rendement le plus élevé a été observé avec la variété espoir. La variété de maïs SR21 qui est la plus utilisée, produit mieux que les autres à Dimikuy, Founzan et Gombeledougou. A Koumbia bwaba et Koumbia mossi c'est la variété bondofa qui produit le plus.

Concernant les variétés, on note des préférences selon les exploitants et les villages. Les agriculteurs rencontrent des difficultés d'adoption qui sont de plusieurs ordres : manque d'information, insuffisance de formation, difficulté d'approvisionnement, insuffisance des ressources monétaires disponibles, problèmes d'infrastructure (routière, stockage), problèmes de commercialisation et de rentabilisation de la production.

Le tableau 6 montre les raisons de l'utilisation d'une variété préférée à une autre par les producteurs de chaque village.

Tableau 6 : raisons de l'utilisation de variétés améliorées de maïs

Villages	Variétés	Raisons d'utilisation
Boni	américain	résistant à la sécheresse, grosse graine et rendement élevé
	barka	précoce, taux d'amidon
	bondofa	rendement élevé
	espoir	adapté au sol, précoce, rendement et résistant à la sécheresse
	masongo	levée est rapide, rendement, grosse graine et moins d'engrais
	sr21	précoce, rendement élevé et résistant à la sécheresse
	sr22	grosse graine
Dimikuy	wari	rendement élevé et résistant à la sécheresse,
	barka	précoce, disponible, résistant à la sécheresse et striga, période de soudure, rendement élevé, épis même petit possèdes des grains, moins d'engrais
	sr21	rendement élevé gros épis, résistant à la sécheresse moins exigeant en engrais
Founzan	bondofa	rendement, taux élevé d'amidon et grosse graine
	komsaya	bon pour la consommation
	sr21	adapté au sol, rendement élevé et résistant à la sécheresse
	sr22	bon pour la consommation
Gombeledougou	bondofa	rendement élevé
	masongo	adapté au sol
	sr21	rendement élevé, disponible, adapté au sol, résistant à la sécheresse, précoce
	sr22	rendement élevé
Koumbia bwaba	bondofa	précoce et adapté au sol
	masongo	adapté au sol et taux d'amidon
	sr21	résistant à la sécheresse, moins exigeant en engrais, adapté au sol, disponible, rendement et consommation

	bondofa	rendement élevé
Koumbia mossi	espoir	disponible, bon pour la consommation, vente à bon prix,
	sr21	vente facile, rendement, disponible
	sr22	rendement élevé

I.3.2. Rendement et type de sols

Les rendements obtenus varient en fonction des types de sol des différentes parcelles (Figures 17 et 18). En 2014 les sols à texture limoneux ont les rendements les plus élevés en maïs mais aussi en sorgho (figure 17). En 2015, les niveaux de rendement ne sont pas spécifiques à un type de sol et mais varient bien d'un sol à un autre, autant sur maïs que sur sorgho (figure 18). Les rendements les plus élevés en maïs s'obtiennent dans les sols à texture gravillon-argileux et gravillons sableux et pour le sorgho en sol à texture argileux également et gravillon-argileux.

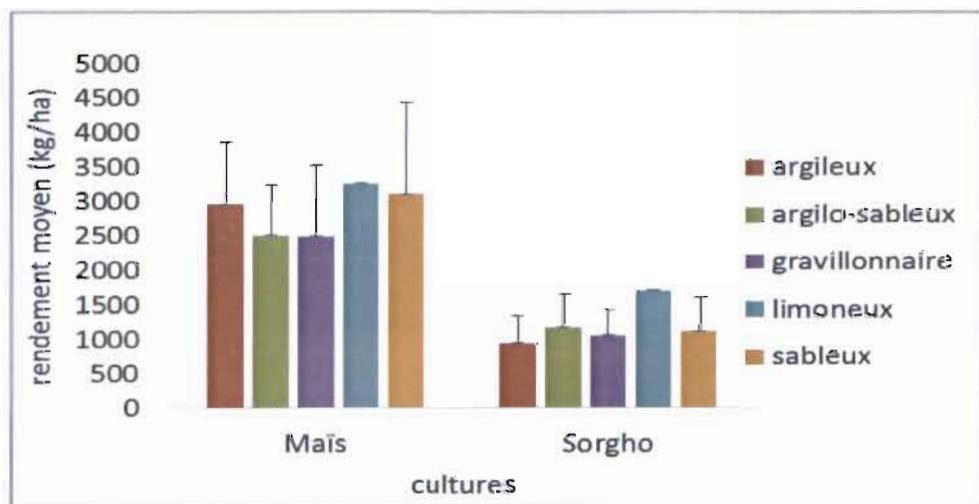


Figure 17 : rendement de 2014 par type de sol de chaque culture

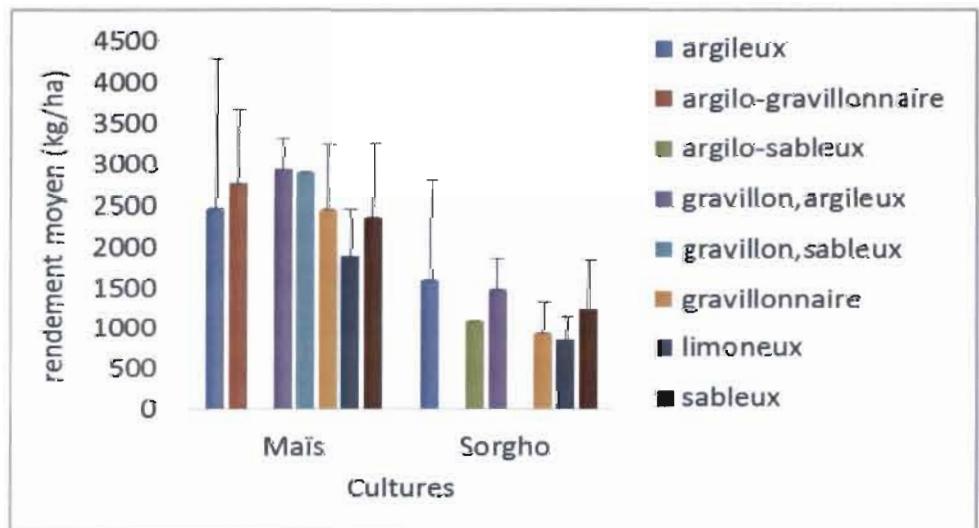


Figure 18 : rendement de 2015 par type de sol de chaque culture

I.3.3. Rendement et fertilité définie des parcelles

Les rendements les plus élevés en maïs et en sorgho sont obtenus respectivement dans les parcelles de faible fertilité et très bonne fertilité (figure 19) aussi bien en 2014 qu'en 2015 (figure 20). Les sols de fertilité faible produisent mieux dans le cas du maïs. Cette situation peut s'expliquer par le fait que ces parcelles ont bénéficiées de bonne condition à savoir par un apport de fertilisant organique et minéral.

La teneur en matière organique (MO) du sol est donc une des clés de la production en ce sens qu'elle améliore non seulement ses qualités physiques, permet une activité microbienne, maintient la réserve de l'eau, mais aussi contribue à la libération de l'azote minéral (N). La matière organique est responsable d'une grande partie de la CEC, et est une grande source d'azote minéral. En effet, la matière organique est une source d'éléments minéraux assimilables par les plantes après sa minéralisation.

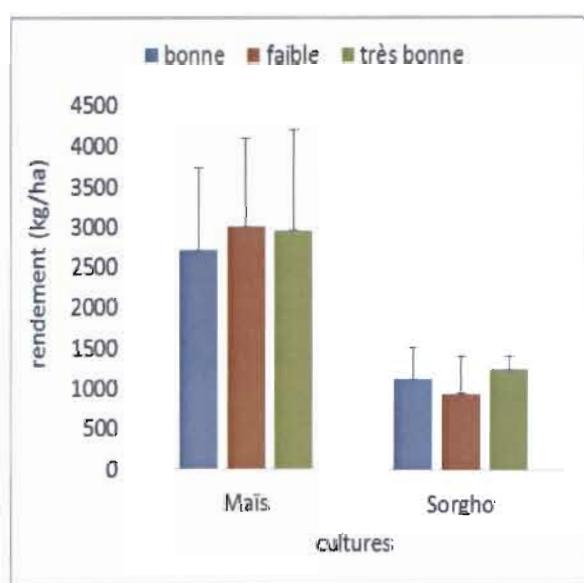


Figure 19 : rendement par rapport à la fertilité définie en 2014

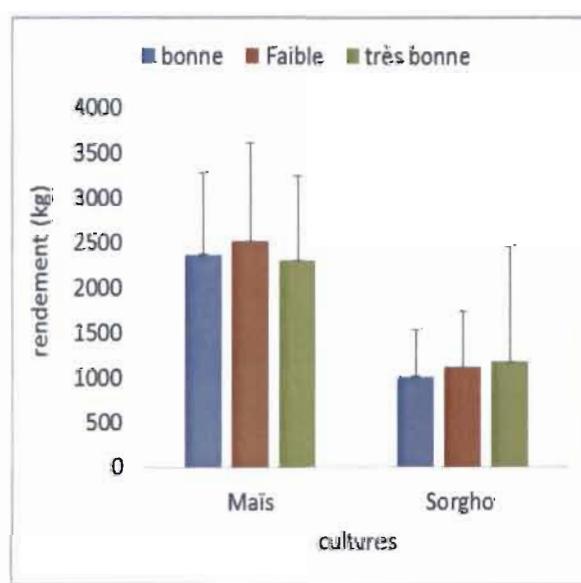


Figure 20 : rendement par rapport à la fertilité définie en 2015

I.3.4. Rendement et cumul pluviométrique

Les mesures GPS des différentes parcelles ont permis de les relier aux différents pluviomètres installés. Après observation, il n'en ressort aucun lien entre les rendements et la quantité de pluie tombée, autant pour le maïs que le sorgho. En 2014 (figure 21), le rendement le plus élevé sur maïs a été obtenu avec seulement 826 mm de pluie tombée et le plus faible avec un cumul plus élevé (1055.5 mm) en 2014, et en 2015, le rendement le plus élevé a été

obtenu avec 973 mm de pluie tombée, et le plus faible avec 970 mm. Ces variations s'observent également au niveau du sorgho (figure 22).

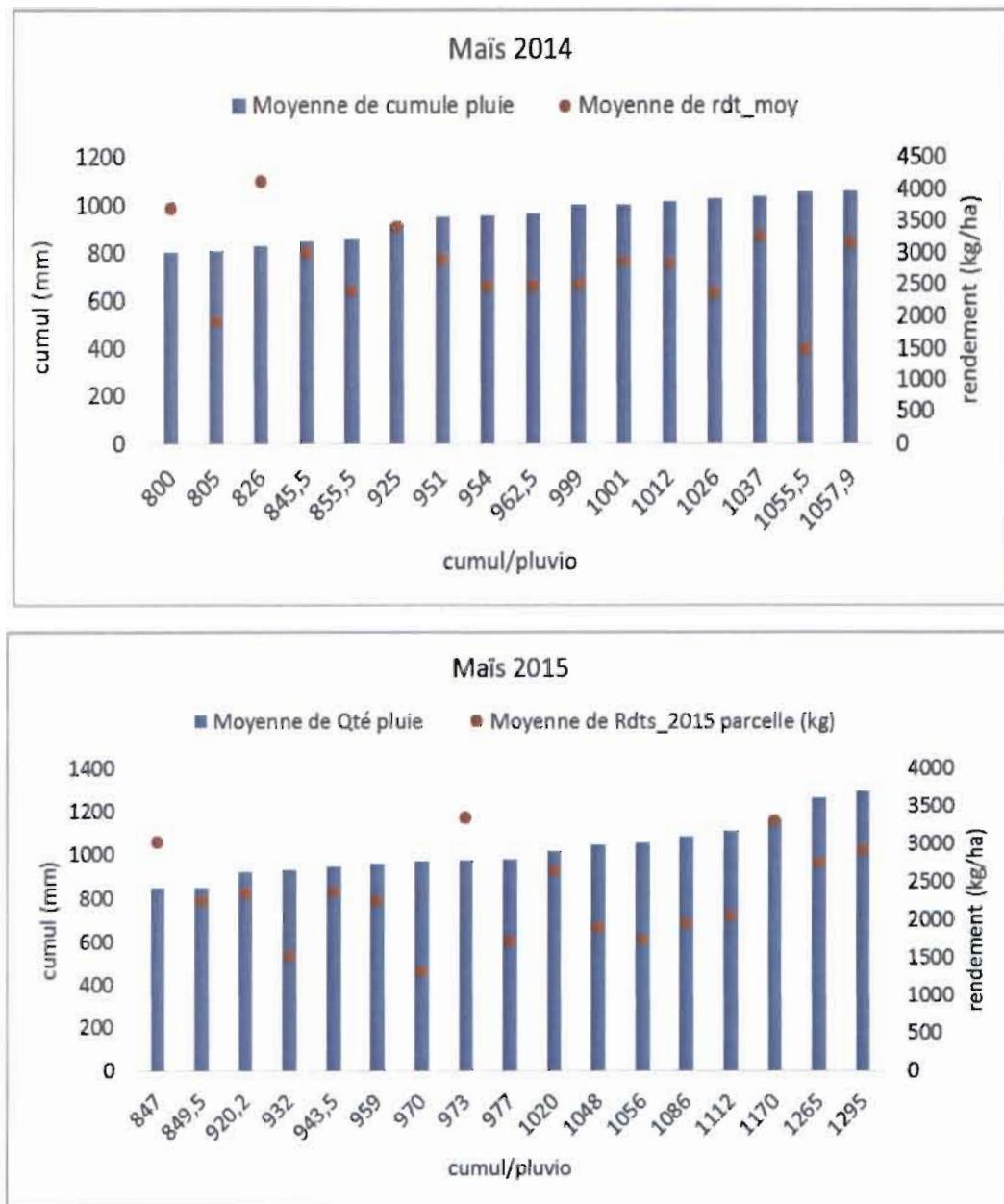


Figure 21 : rendement par cumul pluviométrique du maïs

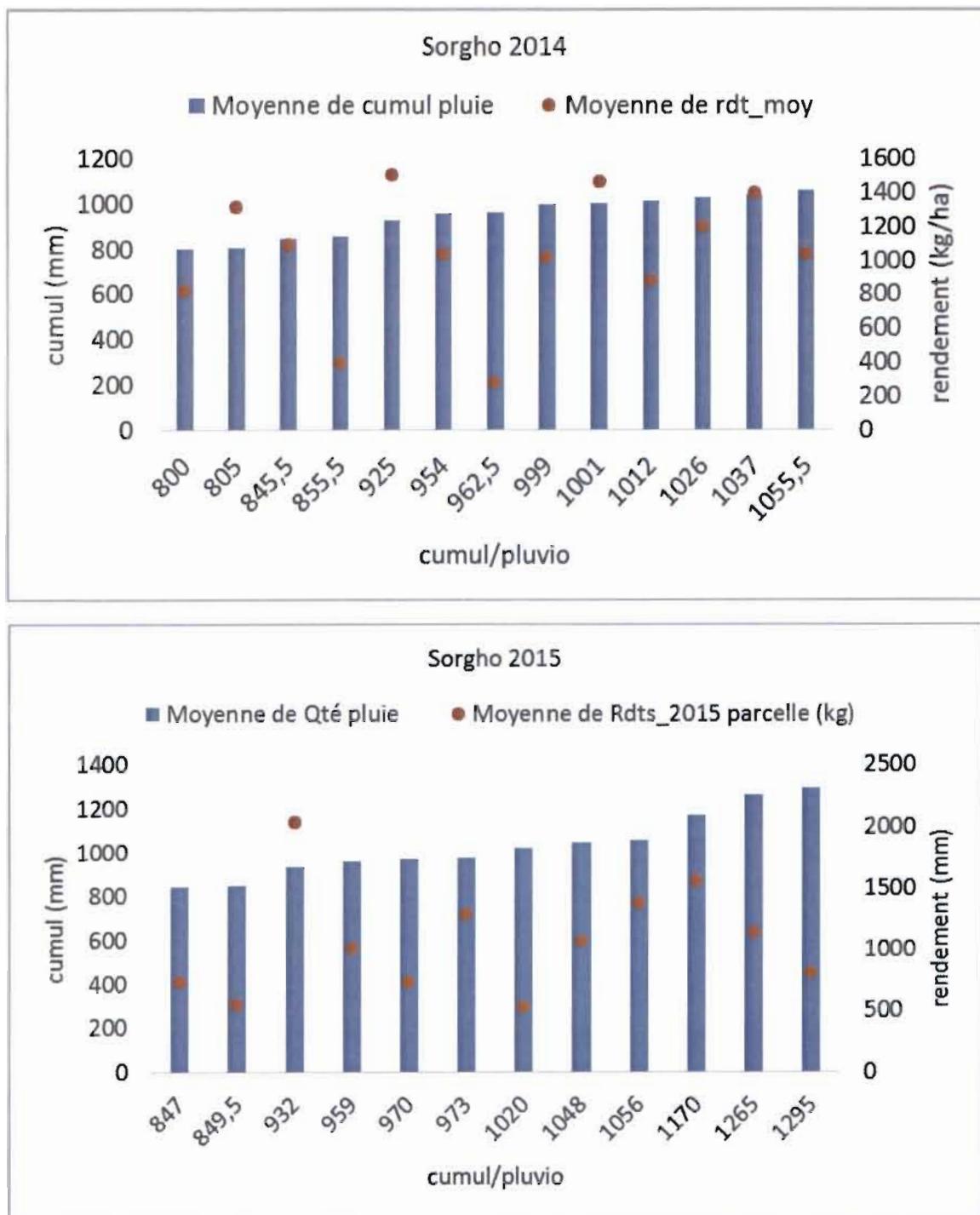


Figure 22 : rendement par cumul pluviométrique du sorgho

II. DISCUSSION

Les résultats de l'analyse ont montré que la variabilité des rendements des parcelles de maïs est faible au sein de chaque village. Pour celle de sorgho, elle est seulement élevée en 2015. Néanmoins de fortes variabilités ont été constatées dans certains villages. Sur l'ensemble de la zone, la variabilité des rendements inter villageois est plus grande pour le maïs en 2014 et pour le sorgho en 2015. Ces résultats sont similaires à ceux de BARON et *al.* (2008), sur des études menées sur le mil au Niger et au Sénégal.

L'analyse des cumuls pluviométriques a montré que l'année 2014 a enregistré une quantité de pluie variant de 1018 mm à 835 mm de pluie, et en 2015, le cumul varie de 1243 mm à 985 mm de pluie tombée. Des résultats similaires à ceux de SARR et *al.* (2011), de la série 1979-2008, ont montré que, le cumul pluviométrique est toujours ≥ 620 mm en zone soudano sahélienne et peut même atteindre des valeurs de plus de 900 mm en zone soudanienne. Le coefficient de variabilité pluviométrique calculé a montré que la variabilité spatiale de la pluviométrie n'est pas si forte entre les différents villages de cette partie du Burkina Faso. Cependant IPCC (2007), a montré que la variabilité spatio-temporelle des pluies au Burkina Faso, comme dans toutes les régions soudano-sahéliennes d'Afrique de l'Ouest, a été reconnue comme l'une des plus importantes au monde.

La mise en parallèle avec l'évolution annuelle permet de se questionner sur l'effet de la répartition des pluies. En effet CHASTAING (2008), a montré que cette mise en évidence témoigne de l'importance de la répartition des pluies sur le rendement et non de la quantité globale tombée. Ainsi, la pluviométrie contrôle les productions annuelles du mil, du maïs et du sorgho à des taux respectifs de 69,3%, 69,5% et 63,4% (KABORE et *al.*, 2015). La pluviométrie n'est sans doute pas le principal facteur de la variabilité des rendements. Ces différences pourraient donc s'expliquer par des poches de sécheresse pendant la période d'initiation florale jusqu'à la formation des grains. C'est ainsi qu'avec l'avènement de la sécheresse, on assiste donc à une régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration occasionnant des pertes de production (SIMPORE, 2008). PINDARD (2000), dans ses études a montré qu'un stress hydrique encadrant la floraison induit une diminution de la matière sèche totale de l'épi et une augmentation de celle de la tige; par contre la matière sèche à maturité des feuilles, des gaines foliaires et des spathes, n'est pas affectée.

Toutefois le facteur pluviométrique (en particulier la répartition spatiale) ne suffit bien évidemment pas à lui seul à expliquer les différences de rendements constatés dans la zone d'étude. En effet, d'autres facteurs comme la nature du sol (texture, profondeur de la cuirasse ou de la nappe), la fertilité de la parcelle, les pratiques culturales (apports organiques et minéraux, lutte contre les adventices), et sans doute les variétés des différentes cultures (BARON *et al.*, 2008).

En fonction des conditions de conduite de l'itinéraire technique, les performances agronomiques sont différentes d'une parcelle à l'autre. L'analyse menée sur les pratiques culturales a montré une diversité de situations dans la zone variant d'un producteur à l'autre. Concernant la fumure organique, les doses apportées au niveau des parcelles sont souvent faibles et souvent en deçà des doses recommandées par la recherche. Les producteurs sont donc obligés de l'appliquer de façon localisée c'est-à-dire dans l'endroit où la fertilité est faible. Elle joue un rôle fondamental pour la nutrition azotée et la rétention de l'eau du sol (PIERI, 1989). Il est donc difficile de quantifier les différents apports à la parcelle afin d'appréhender leurs effets sur la variabilité des rendements.

L'étude montre que les doses des fumures organique et minérale sont plus importantes sur maïs que sur sorgho. Le non apport de la fumure chez certains producteurs s'explique par le manque de moyen de transport. Les producteurs ne disposent généralement que d'une seule charrette ou deux (rarement), et ont souvent des champs éloignés de la concession. Cette situation entraîne souvent sinon toujours une application non efficiente de la fumure organique (SIMPORE, 2008). DELVILLE (1996), dans une étude menée en zone soudano-sahélienne avait trouvé que la première contrainte qu'impose l'utilisation de fumier ou de compost était liée au transport. Pour lui, l'usage massif d'apports organique est impossible sans charrette.

La fumure minérale est appliquée à différente doses en fonction de la superficie des champs, en fonction de la fertilité définie du champ mais aussi en fonction des moyens financiers. La fumure minérale apportée est constituée essentiellement du NPK et de l'urée et souvent du KCL. Le mode d'apport diffère d'un producteur à l'autre et peut aller jusqu'à 4 apports au sein de la parcelle.

De plus l'enquête a montré que les quantités d'engrais chimiques et de fumure organique utilisées sur les céréales sont très faibles. Des résultats similaires ont été rapportés

au Mali par SISSOKO et *al.* (2013). Ainsi le même auteur a également montré qu'en mettant l'accent sur la bonne application des itinéraires techniques (apports de fumures organiques et minérales, semis, sarclages et buttage), sur la bonne rotation (coton/maïs/légumineuse) et sur l'utilisation des variétés performantes, les rendements des cultures peuvent être améliorés de manière substantielle.

Les résultats des dates de démarrage de campagne montrent que la saison des pluies s'installe le plus souvent avant le 30 mai dans la zone soudanienne et avant début juin dans la zone soudano-sahélienne (SARR et *al.*, 2011). Les valeurs relativement élevées des écarts type des dates de démarrage par rapport aux dates de fin témoignent d'une plus grande variabilité interannuelle de l'installation de l'hivernage (SARR et *al.*, 2011). Au cours des dernières années, les débuts et fins des saisons pluvieuses sont devenus de moins en moins prévisibles pour les paysans (DIOUF et *al.*, 2000). La connaissance de la date favorable au semis permet de réduire les risques de ré-semis ou d'occurrence de stress hydrique dommageable à la culture en phase végétative. En effet, les travaux de PINDART (2000), ont montré que même si le maïs peut tolérer un stress hydrique en période de montaison et jusqu'à la sortie des premières soies, des épisodes secs constituent néanmoins une contrainte pour l'installation et le bon développement du maïs.

CONCLUSION

Le but de notre étude était d'analyser la variabilité des rendements de deux cultures à savoir le maïs et le sorgho dans la province du Tuy afin de permettre la calibration et vérification du modèle de culture SARRA-H.

L'analyse des rendements des cultures a révélé que les rendements de 2014 du maïs et du sorgho sont plus élevés que ceux de 2015, et que ces rendements sont variables dans cette partie du Burkina Faso. Mais la variabilité des rendements des parcelles de maïs est faible au sein de chaque village, alors que pour le sorgho, elle est élevée en 2015. Néanmoins de fortes variabilités ont été constatées dans certains villages témoignant ainsi d'une grande variabilité des rendements dans la zone du Tuy. Sur l'ensemble de la zone, la variabilité des rendements inter villageois est plus grande pour le maïs en 2014 et pour le sorgho en 2015. Cela implique qu'il y a beaucoup de facteurs responsables de ces variabilités.

De plus les enquêtes ont mis en évidence une diversité de type de sol mais aussi plusieurs situations culturales dans la zone. Ainsi en fonction des conditions de conduite de l'itinéraire technique, les performances agronomiques sont différentes d'une parcelle à l'autre. L'analyse menée sur les pratiques culturales a montré une diversité de situations dans la zone variant d'un producteur à l'autre.

En fin l'analyse des pluies a montré que la variabilité spatiale de la pluviométrie n'est pas si forte entre les différents villages de cette partie du Burkina Faso.

Cependant l'étude n'a pas permis d'identifier les principaux facteurs de la variabilité des rendements dans la province du Tuy.

Pour cette étude nous suggérons de poursuivre l'étude sur d'autres années afin d'observer de nouvelles tendances de la variabilité des rendements, d'intégrer d'autres régions dans l'étude afin de calibrer le model à l'ensemble du pays et de prendre en compte d'autres cultures

Enfin comme perspective, il s'agit de poursuivre l'étude pour la comparaison des données terrains avec les sorties du model de culture SARRA-H.

BIBLIOGRAPHIE

ALHASSANE A., TRAORE S. B., BONNAL V., BARON C., 2013. SARRA-H : Modèle de simulation de la croissance des cultures. Manuel de l'utilisateur, Niamey/Montpellier, 49p.

ATTIOU O., C., 2014. Effets de la fumure organique et de la demi-dose d'engrais sur les performances agronomiques et économiques de l'association maïs (*Zea mays*)-mucuna (*Mucuna deeringiana*) en situation réelle de culture dans la zone ouest du Burkina Faso: cas des villages de Koumbla et de Gombéléougou. Mémoire de fin de cycle, IDR/UPB Burkina Faso, 42p.

BARON C., 2013. Le model de culture SARRA-H : qualité et défauts, performance mais pour quoi faire, 17p.

BARON C., SARRA-H : suivre les cultures pour mieux anticiper les risques. <http://sarra-h.teledetection.fr> consulté le 15 octobre 2015

BARON C., TRAORE S., AGALI A, SULTAN B., MULLER B., 2008. Farmers millet yields variability assessment, millet yield gap analysis (climatic/non climatic factors) and validation of crop model to predict “average regional” farmers millet yield in Senegal and Niger, 29p.

BLANCHARD M, VALL E. et CESAR J., 2005. Diagnostic agropastoral de Koumbia, Document de travail URPAN, 53p. + Annexe.

BOUE A., 2013. Analyse des effets conjugués travail du sol et culture associée sur la production du sorgho [*sorghum bieD/or (L).moench*]. Mémoire de fin de cycle option : vulgarisation agricole, IDR/UPB, Burkina Faso, 59p.

CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008. Le climat et les changements climatiques, in Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest, www.atlas-ouestafrique.org

Centre Régional AGRHYMET. Rapport Annuel 2014, 59p

CHOPART J.L., 2015. Root fronts of pearl millet (*Pennisetum glaucum*), sorghum (*Sorghum bicolor*) and groundnut (*Arachis hypogaea*) in a deep soil in Senegal. CIRAD, UPR AIDA, F-34398, Montpellier, France 1p.

CIRAD, 1998. La motorisation dans les cultures tropicales, Montpellier, France, 351 p.

CIRAD-GRET, 2002. Mémento de l'agronome. Ministère des affaires étrangères, édition CIRAD-GRET, Montpellier, France, 1692 p.

DAO L., 2014. Effet de différent mode d'association sur la productivité du maïs (*zea mays* L) et du niébé (*vigna unguiculata* L. walp) en milieu contrôlé. Mémoire de master en production végétale option : agronomie, IDR/UPB, Burkina Faso 54p. + Annexe.

DELVILLE L. P., 1996. Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel: Diagnostic et conseil aux paysans. Collection « *le point sur* », GRET - Ministère de la Coopération - CTA, 397p.

DEMBELE S., 2013. effets des aménagements en courbes de niveau sur le rendement du mil et du sorgho dans la commune rurale de Cinzana, cercle de Ségou, au Mali. Mémoire en fin de cycle, IDR/UPB, Burkina Faso 43p.

DEU M., RATTUNDE F., and CHANTEREAU J., 2005. A global view of genetic diversity in cultivated sorghums using a core collection, p168-180.

DIOUF M, NONGUIERMA A, ABOU A, ROYER A, SOME B. 2000. Lutte contre la sécheresse au Sahel : acquis et perspective au Centre Régional Agrhymet, 11(4): p.257-266.

GUINKO S., 1984. Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat es Science Naturelles, Univ. Bordeau II, 2 vols, 394 p.

INSD, 2006. Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 : résultats définitifs. Ministère de l'économie et des finances, Burkina Faso, 52p.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (Eds.), Cambridge University Press: Cambridge, UK. Série environnement, 13p.

KABORE N.P., OUEDRAOGO A., SOME L., ET MILLOGO-RASOLODIMBY J., 2015. The driving factors of dry cereals production in the sudano-sahelian zone of Burkina Faso. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 11 No. 1 Apr. 2015, p214-230.

LANKOANDE T., E., 2013. Analyse de l'influence de la mécanisation agricole sur les possibilités de développement de l'agriculture de conservation dans la Région de la Boucle du Mouhoun. Mémoire d'ingénieur en vulgarisation agricole, IDR/UPB, Burkina Faso, 59p.

MAHRH, 2007. Document guide de la révolution verte, Septembre, 98p.

MEF, 2011. 5ème conférence de table ronde du Burkina Faso: l'environnement et les opportunités d'investissement privé. Ministère de l'économie et des finances du Burkina Faso, et perspectives, p95-111.

MULLER B., SALL M., LEBLOIS A., BALDE A., FALL M., KOUAKOU P., et AFFHOLDER F., 2013. L'assurance agricole indicielle en Afrique de l'ouest : principes, premières réalisations agronomie africaine numéro spécial (6) sur les changements climatiques Ouagadougou, p2- 3.

OUEDRAOGO Y., 2012. Analyse « ex-ante» des effets de l'agriculture de conservation sur le fonctionnement et les performances technico-économiques des exploitations agricoles à l'aide de la modélisation : cas de Koumbia. Mémoire d'ingénieur du développement rural option: Agronomie. IDR/UPB, Burkina Faso, 53p.

PARE M., B., 2014, effets de la fumure organique sur les caractéristiques chimiques des sols en zone cotonnière ouest du Burkina Faso : cas des sols ferrugineux de boni et des sols bruns eutrophes de dossi. Mémoire de fin de cycle. IDR UPB Burkina Faso. 43p.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la coopération IRAT/CIRAD, 444p.

PINDARD A. 2000. La relation stress hydrique – rendement du maïs en Bresse : quelle perspective de spatialisation? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS). Mémoire d'Ingénieur d'Agronomie, ENSA, Dijon, 86p.

SANOU J., 2006. Fiche technique de production de maïs de consommation. Variété espoir. CNRST/INERA, 1p.

SEMPORE A. W. ,2008 Analyse de la production et de l'utilisation de la biomasse du maïs et du coton en zone ouest du Burkina Faso : cas de Koumbia et de Kourouma Mémoire d'Ingénieur d'Agronomie, IDR/UPB, Burkina Faso, 65p.

SENE L. 1995. Réponse de la variété de sorgho à l'alimentation en eau : effets du stress hydrique sur le rendement et la qualité des semences. Ecole nationale des cadres ruraux de Bambey, République du Sénégal 59p. + Annexe.

SISSOKO F., COULIBALY D., CISSE O., DUGUE P., 2013. Communication : évaluation de l'arrière effet de la culture du coton sur la production céréalière en zone cotonnière du Mali, 14p.

SOMA D., M., 2010. Effet des apports répétés de diverses sources d'amendements organiques dans un sol ferrugineux tropical lessivé (Saria, Burkina Faso) sur la biodisponibilité du phosphore et la production du sorgho. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, Option Production Végétale, Spécialité: Sciences du Sol, IDR/UPB Burkina Faso, 47p.

TAPSOBA R., 1991. Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations, et les dégâts des insectes inféodés à l'arachide, au niébé, au sorgho, et au mil. Mémoire de fin de cycle, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 153p.

VALL E., KOUTOU M., BLANCHARD M., COULIBALY K., DIALLO A. M. et ANDRIEU N., 2011. Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agrosylvopastoraux de l'Ouest du Burkina Faso, province du Tuy. In Vall E., Andrieu N., Chia E. Nacro H. B. (éditeurs scientifiques), 2012. Partenariat, modélisation, expérimentation: quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique. Actes du séminaire ASAP, novembre 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Cédérom.

ZIBA E., A., 2013. Analyse en milieu contrôlé, des effets de différents niveaux de couverture du sol sur l'enherbement et l'humidité du sol Rapport de fin de cycle. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou Burkina Faso, 28p.

ZOMA W., O., 2010. Amélioration de la variété Espoir de maïs en vue de l'intensification de sa culture. Mémoire de fin de cycle, IDR/UPB, Burkina Faso, 51p.

ANNEXES

ANNEXE 1

Nom paysan :N° Parcelle 2015:..... N° Parcelle 2014 :.....

Village :

Nom Observateur :

Dates différents entretiens : Début :.....Milieu campagne :.....Fin :.....

DONNEES CONCERNANT LA PARCELLE

Type de champ : Case ; Brousse **Surface parcelle** (préciser unité) :

propriété ? : à la famille ; prêté ; loué

Fertilité : très bonne ; bonne faible ;

Mauvaises herbes : pas ; un peu ; beaucoup ;

Striga : tous les ans certaines années ; jamais ;

Quantité de striga : pas ; un peu ; beaucoup ;

Problèmes particuliers (termites, fourmis, risque inondation, érosion etc.)

Sol Nom local sol : ; nom officiel (si connu):

Profondeur : Profond peu profond **Profondeur :** (à peu près)

Texture : gravillon ; sableuse ; argilo-sableuse ; argileuse ; limoneuse

Historique des précédents et ce qu'ils avaient reçu comme traitements (dans le passé donc)

2014 : espèce et variété (nom local mot à mot) :.....

Fumier (type animaux :); **Compost** **parcage** (type animaux :);

Engrais (type : quantité :)

Résidus laissés sur place ? **Oui** ; **Non.** **Si oui alors :** **tiges Coupées** **Tiges dressées** **Brûlés**

Utilité des résidus : **Animaux** ; **Paillage** ; **Compost**

Champ ouvert au bétail durant la saison sèche ? : **Oui** ; **Non.**

Production:.....unité : **Kg** **sacs** (.....Kg) **Charrette** (.....Kg) **Surface :**

Culture associée :

2013 : espèce et variété (nom local mot à mot) :.....

Fumier (type animaux :); **Compost** **parcage** (type animaux :);

Engrais (type : ; quantité :)

Résidus laissés sur place ? **Oui** ; **Non.** **Si oui alors :** **tiges Coupées** **Tiges dressées** **Brûlés**

Utilité des résidus : **Animaux** ; **Paillage** ; **Compost**

Champ ouvert au bétail durant la saison sèche ? : **Oui** ; **Non.**

Production:.....unité : **Kg** **sacs** (.....Kg) **Charrette** (.....Kg) **Surface :**

Culture associée :

2012 : espèce et variété (nom local mot à mot) :.....

Fumier (type animaux :); **Compost** **parcage** (type animaux :);

Engrais (type ; quantité :)

Résidus laissés sur place ? Oui ; Non. **Si oui alors :** **tiges Coupées** **Tiges dressées** **Brûlés**

Utilité des résidus : **Animaux** ; **Paillage** ; **Compost**

Champ ouvert au bétail durant la saison sèche ? : Oui ; Non.

Production:.....unité : **Kg** **sacs (.....Kg)** **Charrette (.....Kg)** **Surface** :

Culture associée :

2011 : espèce et variété (nom local mot à mot) :.....

Culture associée :

Durée de la dernière jachère:.....

Age de la parcelle : **inférieur à 5 ans** ; **entre 5 et 10 ans** ; **supérieur à 10 ans**

DONNEES CONCERNANT LA CULTURE ACTUELLE

Travail du sol : **Aucun** **Manuel** **Attelée**

Type de travail :	<input type="checkbox"/> grattage avec houe	<input type="checkbox"/> billonnage	<input type="checkbox"/> labour	<input type="checkbox"/> rayonnage
Mode de traction :	<input type="checkbox"/> âne	<input type="checkbox"/> cheval	<input type="checkbox"/> bœuf	<input type="checkbox"/> tracteur
Particularités/aménagements (cordons, etc.) :				
Nom espèce et variété (Locale) de la culture principale :				
Surface :				
Vente récolte :	<input type="checkbox"/> Tout	<input type="checkbox"/> Une partie		
Autoconsommation :	<input type="checkbox"/> Tout	<input type="checkbox"/> Une partie ;	<input type="checkbox"/> Par hommes	<input type="checkbox"/> Animaux
Autoproduction semences ?	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non		
Cycle :	<input type="checkbox"/> Précoce (<90 jours) ;	<input type="checkbox"/> Intermédiaire (90-120 jours) ;	<input type="checkbox"/> Tardive (> 120 jours) ;	
La même semence peut-elle être semée plus tôt ou plus tard?			<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
Type :	<input type="checkbox"/> traditionnelle ;	<input type="checkbox"/> d'origine améliorée depuis: combien d'années ? :	;	<input type="checkbox"/> améliorée
Les Semences viennent de:	<input type="checkbox"/> sa récolte précédente ;	<input type="checkbox"/> d'autres paysans, famille ou village ;		
	<input type="checkbox"/> un semencier ;			
Date de semis :	;	Date de ressemis :		
Démariage ?	<input type="checkbox"/> OUI ;	<input type="checkbox"/> NON	date démariage :	
Combien de plants laissés par poquet ? :				
Variété culture associée :				
;				
Durée du cycle (semis-récolte) :				

Date de semis: ; Géométrie de semis :

DIFFERENTES OPERATIONS

Dates de sarclages : préciser si l'opération a eu lieu depuis le dernier entretien

Sarclage 1 : début : fin : modalités : Déjà effectué : Oui Non

Sarclage 2 : début : fin : modalités : Déjà effectué : Oui Non

Sarclage 3 : début : fin : modalités : Déjà effectué : Oui Non

Sarclage 4 : début : fin : modalités : Déjà effectué : Oui Non

Sarclage 5 : début : fin : modalités : Déjà effectué : Oui Non

Herbicides : préciser si l'opération a eu lieu depuis le dernier entretien

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Insecticides : préciser si l'opération a eu lieu depuis le dernier entretien

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Date : Produit : Nom : Dose : Déjà effectué : Oui Non

Apport engrais : préciser si l'opération a eu lieu depuis le dernier entretien

Apport engrais : type : date : quantité : Déjà effectué : Oui Non

Apport engrais : type : date : quantité : Déjà effectué : Oui Non

Apport engrais : type : date : quantité : Déjà effectué : Oui Non

Apport engrais : type : date : quantité : Déjà effectué : Oui Non

Annexe 2

Questions générales

Village :

.....
.....

Nom : Prénom :

Nombre de bovins de trait :

.....

Nombre de bovins d'élevage:

.....

Nombre d'ânes :

.....

Surface totale (ha) :

.....

	Champ1	Champ2	Champ3	Champ4	Champ5
Surface (ha)					
Espèces cultivées (variétés)					

	Champ6	Champ7	Champ8	Champ9	Champ10
Surface (ha)					
Espèces cultivées (variétés)					

Surfaces en jachères :

.....
.....

Surfaces de pâturage :

.....
.....

Terres en réserve :

.....

Matériel de travail : (charrue, daba , tracteur, charrette...) :

.....

Nombre de bouches à nourrir :

.....

Nombre de personnes travaillant sur l'exploitation :

.....

Activité autre que l'agriculture/élevage ?

.....

Questions variétés

Mais variété 1

Nom variété :

.....

Avantages par rapport aux autres variétés existantes :

.....

Inconvénients :

.....

Date d'acquisition :

.....

Si l'agriculteur avait le choix, quelle variété préférerait-il ?

S'il préférerait une autre variété, quels sont les obstacles qui l'empêchent de se la procurer ?

.....

Mais variété 2

Nom variété :

.....

Avantages par rapport aux autres variétés existantes :

.....

Inconvénients :

.....

Date d'acquisition :

.....

Si l'agriculteur avait le choix, quelle variété préférerait-il ?

S'il préférerait une autre variété, quels sont les obstacles qui l'empêchent de se la procurer ?.....

Sorgho variété 1

Nom variété :

.....

Avantages par rapport aux autres variétés existantes :

.....

Inconvénients :

.....

Date d'acquisition :

.....

Si l'agriculteur avait le choix, quelle variété préférerait-il ?.....

S'il préférerait une autre variété, quels sont les obstacles qui l'empêchent de se la procurer ?.....

.....

Sorgho variété 2

Nom variété :

.....

Avantages par rapport aux autres variétés existantes :

.....

Date d'acquisition :

.....

Si l'agriculteur avait le choix, quelle variété préférerait-il ?.....

S'il préférerait une autre variété, quels sont les obstacles qui l'empêchent de se la procurer ?.....