

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENTS SUPERIEUR, DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

0 0 0 0 0 0
SECRETARIAT GENERAL

0 0 0 0
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO DIOULASSO

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION EN VULGARISATION AGRICOLE

Thème :

*Problématique de la conservation post récolte dumaïs
dans les Hauts-Bassins*

Présenté par : SOMDA Kô Bénédicte Marina

Directeur de mémoire : Dr Fernand SANKARA

Maître de stage : Dr Fernand SANKARA

N° : -2016/VULGARISATION AGRICOLE

Mars 2016

TABLES DES MATIERES

| | |
|---|-------------|
| Dédicace..... | iv |
| Remerciements | v |
| Sigles et abréviations..... | vi |
| Liste des tableaux | vii |
| Liste des figures | viii |
| Liste des photos | ix |
| Résumé | x |
| Abstract..... | xi |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE | 3 |
| I. Origine, taxonomie et morphologie du maïs..... | 3 |
| II. La place de la culture du maïs dans l'économie du Burkina Faso..... | 4 |
| 2.1. L'importance de la production et des superficies emblavées | 4 |
| 2.2. Capacités nutritionnelles et utilité du maïs | 6 |
| 2.3. Commercialisation du maïs au Burkina et à l'échelle internationale | 7 |
| 2.4. Les variétés de maïs cultivées au Burkina Faso..... | 9 |
| III. Contraintes liées à la production du maïs..... | 10 |
| 3.1. Contraintes abiotiques..... | 10 |
| 3.2. Contraintes biotiques | 10 |
| IV. Les différentes opérations post récolte sur le maïs. | 11 |
| 4.1. Traitement pendant la récolte..... | 11 |
| 4.2. Traitement pendant le transport | 11 |
| 4.3. Traitement Pendant le stockage | 12 |
| V. Facteurs d'altération de la qualité et de la quantité des grains de maïs en stockage | 12 |
| 5.1. Facteurs météorologiques et biochimiques..... | 12 |
| 5.2. Facteurs liés aux agents biologiques de dégradation | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3. Quelques techniques d'atténuation contre les attaques de ces ravageurs | 14 |
| VI. Méthodes de lutte | 14 |
| 6.1. Méthodes de lutte traditionnelles | 14 |
| 6.2. Méthodes de lutte modernes | 18 |
| CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES | 20 |
| I. Présentation des sites d'étude | 20 |
| 1.1. La commune rurale de Koumbia..... | 20 |
| 1.2. La commune rurale de Dandé | 22 |
| 1.3. Commune de Kourouma | 23 |
| 1.4. Commune rurale de N'dorola..... | 24 |
| II. Le matériel | 24 |
| 2.1. Le matériel végétal..... | 24 |
| 2.2. Matériel animal | 25 |
| 2.3. Le matériel de laboratoire | 25 |
| 2.4. Les fiches d'enquêtes | 25 |
| III. Méthodologie | 26 |
| 3.1. Étude de la perception des producteurs sur les contraintes de stockage et inventaire des insectes des stocks du maïs | 26 |
| 3.2. Évolution des populations des insectes inféodés aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage groupé..... | 28 |
| 3.3. Évolution des populations des insectes inféodés aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage isolé..... | 28 |
| IV. Analyse des données | 29 |
| CHAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSSION | 30 |
| I. Résultats | 30 |
| 1.1. Perceptions paysannes sur la conservation des maïs stockées | 30 |
| 1.2. Inventaire et identification de la diversité des insectes dans les stocks de maïs | 38 |

| | |
|--|-----------|
| 1.3. Taux d'attaque des insectes aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage groupé..... | 40 |
| 1.4. Taux d'attaque des insectes aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage isolé | 42 |
| II. Discussion..... | 44 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATION..... | 50 |
| Références bibliographiques | 52 |
| Annexes | 60 |

Dédicace

*A celle qui apporte toujours plus de bonheur et de joie
Dans ma vie tous les jours,
Je dédie ce mémoire*

A

*Ma fille bien-aimée **Mamboné Zeha M. Ornella***

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été rendue possible grâce à la contribution de plusieurs personnes tant sur le plan scientifique, technique, physique, moral que social. Il nous est ainsi agréable de leur témoigner en quelques lignes notre profonde reconnaissance.

Au Professeur Irénée SOMDA, enseignant-chercheur à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, responsable du laboratoire des Systèmes Naturels, des Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement (Sy.N.A.I.E) pour nous avoir accueillis dans sa structure. Nous sommes heureux de lui exprimer toute notre reconnaissance pour la compréhension qu'il a montrée à notre égard, sa disponibilité face à nos nombreuses sollicitudes, pour le matériel qu'il a mis à notre disposition. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Au Dr Fernand SANKARA, Directeur de ce mémoire, aussi maître de stage et initiateur du présent thème, pour avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour mener à bout cette étude. Sa simplicité, son humilité, sa disponibilité à notre égard malgré ses multiples occupations font de lui un modèle d'encadreur. Nous ne saurons en ces quelques lignes vous exprimer notre profonde gratitude et nos remerciements les plus sincères.

Les travaux ont été conduits dans le cadre du programme d'intensification agricole du projet CORAF/OID. Nous remercions le coordonnateur Pr Patrice TOE pour nous avoir acceptés et recruté dans ce projet.

Au Dr Schémaesa BONZI pour ses conseils, ses encouragements et sa constante disponibilité à nos préoccupations, nous lui disons infiniment merci.

A M. Ollo PALE, technicien au laboratoire pour son engagement et aide dans nos travaux,

A Issoufou Amadou pour son aide dans la collecte des données.

Au Groupement des Producteurs de Coton (GPC) pour leur disponibilité et leurs collaborations lors de nos entretiens.

A M. Remy BATIONO Merci pour les corrections et les conseils que vous nous avez apportés durant la rédaction de ce document.

A l'ensemble du corps enseignant de l'UPB.

A mes multiples amis et camarades de la promotion 2011/2012 de l'IDR.

A toute la famille SOMDA pour leurs soutiens multiformes.

A M. Zakaria MAMBONE pour ses soutiens et encouragements.

Sigles et abréviations

CORAF /OID : Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricole

DGESS : Direction Générale des Etudes et des statistiques sectorielles

DGPER : Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rural

FAO : Food and Agriculture Organization

INSD : Institut National de Statistique et de Développement

PCD : Plan Communal de Développement

PNGT : Programme National de Gestion des Terroirs

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

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Composition chimique des diverses parties du grain de maïs | 7 |
| Tableau 2: Variétés de maïs recommandées au Burkina Faso (SANOU, 1989). | 9 |
| Tableau 3: Nombre de personnes enquêtées par village | 26 |
| Tableau 4: Caractéristique de la population enquêtée | 30 |
| Tableau 5 : Taux de pratique des cultures | 31 |
| Tableau 6: Diversification entomofaune identifié dans les sites d'étude..... | 39 |
| Tableau 7: Valeur moyenne des espèces par site d'étude..... | 40 |
| Tableau 8: Comparaison des attaques entre le maïs blanc et le maïs jaune..... | 43 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Morphologie du maïs..... | 4 |
| Figure 2: Carte de zones de production de maïs au Burkina Faso en 2011 | 5 |
| Figure 3: Localisation des sites d'études sur la carte du Burkina Faso | 20 |
| Figure 4: Diagramme en bâton des structures de conservation en fonction des localités | 33 |
| Figure 5: Diagramme en bâton des méthodes de conservation en fonction des localités | 35 |
| Figure 6: Diagramme circulaire de la vente de production de maïs en fonction des localités | 37 |
| Figure 7: Diagramme en bâtons des durées de conservation en fonction des localités | 38 |
| Figure 8: Courbe évolutive du taux moyen des dégâts sur les stocks | 41 |
| Figure 9: diagramme en baton des attaques des grains apparemment sains | 42 |

Liste des photos

| | |
|--|----|
| Photo 1: Exemple de variétés de maïs (Source : Sanou 1989) | 10 |
| Photo 2: Photographie des structures de stockage ouvertes (Source : Alzouma, 2011)..... | 16 |
| Photo 3: Structures de stockage fermées (Source : Alzouma 2011)..... | 17 |
| Photo 4: Structures de stockage semi-ouvertes (Source : Alzouma 2011)..... | 17 |
| Photo 5: Les échantillons de maïs dans des sachets plastiques | 25 |
| Photo 6: Tamisage des échantillons de maïs | 27 |
| Photo 7: Incubation des grains apparemment sains dans l'étuve | 28 |
| Photo 8: Quelques structures de conservation rencontrée lors des enquêtes..... | 34 |
| Photo 9: Quelques méthodes de conservation rencontrées lors des enquêtes | 36 |
| Photo 10: Quelques produits chimiques rencontrés lors de nos enquêtes | 36 |
| Photo 11: Les variétés de maïs attaqués | 43 |

Résumé

Les céréales constituent les denrées alimentaires de base en Afrique de l'Ouest et en général au Burkina. Cependant, au Burkina Faso, le stockage et la conservation de ces denrées alimentaires dont le maïs constitue un problème majeur. Cette étude a été menée dans le but de contribuer à réduire les pertes post-récoltes par la mise à découvert des insectes ravageurs aux stocks de maïs et de l'incidence de leurs activités de reproduction sur l'état de cette denrée. Pour ce faire, des enquêtes ont été réalisées en vue d'appréhender la perception des producteurs de la conservation post récolte du maïs et une évaluation d'échantillons prélevés dans les stocks de trois communes de la région des Hauts-Bassins ont été réalisées. Les résultats de l'enquête nous ont permis d'identifier trois structures de conservation dans nos différents sites d'étude. Le magasin est la structure la plus utilisée dans les villages de Koumbia (près de 55%) et de Gombeledougou (près de 40%). Le grenier est la structure la plus utilisée dans le village de Dandé, Kourouma et N'dorola chez près de 30% de producteurs et la maison d'habitation est beaucoup plus utilisée dans le village de Koumbia (50%) et Gombeledougou (42%). Nous avons aussi identifié quatre méthodes de conservation dont l'exposition au soleil qui est plus utilisée à Gombeledougou (22%), les produits chimiques à N'dorola (19%), les plantes répulsives à Koumbia et à Dandé (35%) et enfin la matière inerte à Kourouma (28%). L'analyse au laboratoire des échantillons collectés a permis d'identifier huit (8) espèces d'insectes répartis dans deux ordres différents dont l'ordre des Coléoptères et l'ordre des Lépidoptères. Le nombre d'individus de chaque espèce dans chaque ordre varie en fonction des localités. Durant le suivi des échantillons, l'intensification de l'activité de reproduction des insectes s'est accrue de même pour le maïs blanc que pour le maïs jaune.

Mots clés : conservation, stockage, maïs (*Zea mays*), structure, ravageur, warrantage, sac à double fond

Abstract

Cereals are the staple foods in West Africa in general and in Burkina. However, Burkina Faso, storage and conservation of such foods including corn is a major problem. This study was conducted to help reduce post-harvest losses by making the pests discovered stocks of corn and the impact of their reproductive activities on the state of the commodity. To do this, the survey was carried out to understand the perception of producers of post harvest corn conservation and evaluation of samples taken from the stocks of three communes of the Hauts-Bassins region were conducted. The results of the investigation allowed us to identify three conservation structures in our different study sites. The store is the most common structure in the villages of Koumbia (nearly 55%) and Gombeledougou (nearly 40%). The attic is the most common structure in the village of Dandé, Kourouma and N'Dorola in nearly 30% of producers and the residential house is much used in the village of Koumbia (50%) and Gombeledougou (42%). We also identified four methods of conservation which sun exposure is more used to Gombeledougou (22%), chemical products N'Dorola (19%), the repulsive plants Koumbia and Dandé (35%) and finally inert matter to Kourouma (28%). Laboratory analysis of the samples collected has identified eight (8) insect species distributed in two different orders in which the order Coleoptera and the order Lepidoptera. The number of individuals of each species in each level vary with localities. During follow-up samples, the intensification of insect breeding activity has increased even for white maize than for yellow maize.

Keywords: conservation, storage, corn (*Zea mays*), structure, pest warrantage, double bottom bag

INTRODUCTION

Au Burkina Faso les superficies cultivées en céréales atteignent chaque année 2,6 millions d'hectares. La production céréalière est comprise entre 3,4 et 4,31 millions de tonnes par an (FAOSTAT, 2010). L'agriculture est basée essentiellement sur les céréales (le maïs, le sorgho, le mil et le riz), et constitue la base de l'alimentation des populations rurales. Elle mobilise à elle seule plus de 80% de la population totale au Burkina Faso (DGPER, 2010).

Le maïs occupe la deuxième place parmi les céréales cultivées, tant au niveau des superficies, de la production qu'au niveau de la consommation (DGESS, 2013) cité par MARHASA, (2015). Il constitue avec les autres céréales et tubercules les principales denrées de base des populations des villes et campagnes. Au regard du rôle socio-économique des céréales, les institutions de recherche du pays accordent un intérêt particulier à l'amélioration de la production à travers la mise à la disposition des agriculteurs de variétés et techniques performantes adaptées aux conditions agro-écologiques du pays. Le développement de cette filière de façon très large va contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et à une croissance accélérée de l'économie nationale. Selon le Conseil international des céréales, (2013) la production mondiale de maïs est de 843 millions de tonnes en 2012-2013. Au Burkina Faso, la production du maïs est passée de 1 065 800 tonnes en 2012 à 1 133 480 tonnes en 2013 (MASA, 2013). Cet accroissement de la production de maïs par rapport à l'ensemble des autres céréales trouve sa raison dans l'extension relativement importante des superficies emblavées. Dans la plupart des cas, la production du maïs est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la période de consommation est prolongée tout au long de l'année d'où la nécessité du stockage (Belyagoubi, 2006). Leur stockage se fait soit en vrac dans les greniers avec la panicule ou soit dans des sacs notamment après décorticage.

Malgré les efforts des autorités du pays pour l'amélioration de la production, le rendement de la production céréalière reste inférieur à la moyenne au plan mondial (1,36 t/ha) (FAOSTAT, 2010). En effet cette céréale subit des pertes le long des opérations post-récoltes entraînant ainsi la perte de la quantité et de la qualité de maïs secs chaque année.

L'étude des pertes après les récoltes comprend de nombreux aspects, qui tiennent à l'augmentation de la quantité de production de la denrée concernée, des opérations qui se

succèdent au long du système post-récolte, des causes qui provoquent ces pertes, et autres parasites des denrées, des conditions physiques, techniques, économiques qui favorisent l'action des agents de détérioration et, en conséquence, l'aggravation des pertes. En effet, cette céréale subit en champ et en stockage les attaques de plusieurs insectes (Guèye et al, 2011). Cependant, de l'avis des producteurs la contrainte majeure de l'exploitation du maïs est la difficulté de la conservation post récolte du grain. L'agriculteur est souvent amené à emmagasiner sur son exploitation une partie de sa récolte pour faire face aux besoins d'autoconsommation et de semences et à mettre l'autre partie en vente pour les besoins de liquidités. Les insectes s'attaquant aux stocks du maïs sont généralement des coléoptères et des lépidoptères (Delobel et Tran, 1993) qui imposent l'utilisation des insecticides de synthèse pour la protection des stocks (Dabiré et al. 2001). Aussi les récoltes, conservées en général dans des conditions climatiques défavorables avec un fort taux d'humidité autour des différentes structures de conservation favorisent le développement des moisissures. Afin de faire face à ces problèmes de conservation du maïs cette étude a été initiée au niveau des provinces dont les superficies emblavées pour le maïs sont élevées notamment dans les provinces du Houet (72 781ha), du Kenedougou (49 232 ha) et du Tuy (43 451 ha) (EPA, 2011).

L'objectif global de l'étude est de Contribuer a identifié les problèmes de stockage. Spécifiquement, il s'agissait de :

- Déterminer à travers une enquête la perception que les producteurs ont des problèmes liés au stockage du maïs
- : Faire un inventaire des insectes ravageurs des stocks
- Etudier l'influence des activités de reproduction des insectes prédateurs sur la qualité des stocks

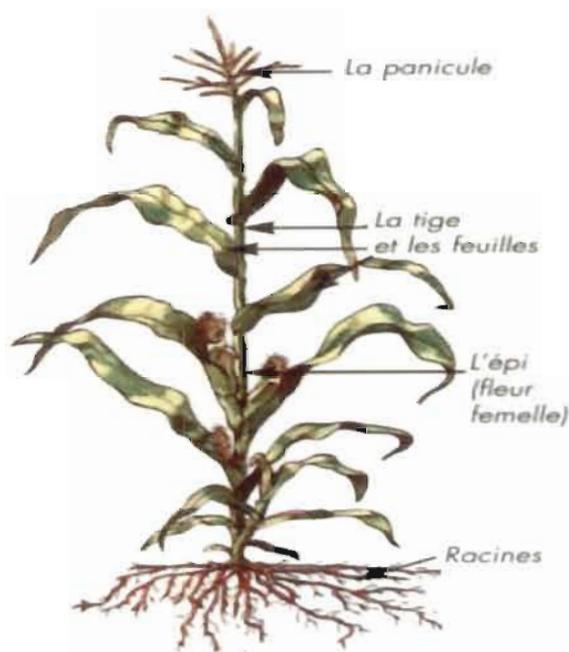
Le présent mémoire s'articule autour de trois (03) chapitres: le premier sera consacré aux généralités sur la plante de maïs; le second précisera la méthodologie de l'étude et le dernier exposera les résultats et les discussions

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Origine, taxonomie et morphologie du maïs

Le maïs de nom scientifique *Zea mays* est la céréale dont la zone de culture est la plus vaste dans le monde. Son origine reste encore imprécise, car elle suscite plusieurs polémiques. Les uns pensent qu'il a été trouvé dans le vieux monde qui correspond aujourd'hui à l'Europe, l'Asie et l'Afrique, et cela, parce qu'il était cultivé sur les bassins méditerranéens bien avant la découverte du continent Américain au XV^e siècle. D'autres preuves attestent qu'il est originaire de l'Amérique centrale plus précisément des hauts plateaux mexicains où de nombreux échantillons témoignent de sa présence à plus de 5 000 ans avant Jésus-Christ. En définitive, tous les auteurs s'accordent à reconnaître que l'évolution du maïs vers les formes modernes s'est passée en Amérique Centrale (ROUANET, 1984 ; GAY, 1984).

Zea mays, (le maïs) est une monocotylédone appartenant à la famille des Graminées ou poaceae, à la sous famille des Panicoideae, à la tribu des maysdeae ou tripsaceae et au genre *Zea*. C'est une plante annuelle herbacée dont l'espèce mays est la seule espèce du genre *Zea* (Iddi, 1987). La plante de Maïs se compose d'une tige unique de taille variable pouvant atteindre généralement 1 à 3 m et de gros diamètre, pleine, lignifiée et formée de plusieurs entrenœuds d'une vingtaine de centimètres, séparés par des nœuds. Chaque nœud donne naissance à une seule feuille. La feuille se compose à son tour d'une gaine, d'un limbe et d'une ligule. Les feuilles sont alternes, larges à nervures parallèles à la nervure centrale. Les racines quant à elles sont fasciculées, aussi traçantes que plongeante (Soltner, 1986). C'est une espèce à pollinisation croisée où les inflorescences femelles (épis) et les inflorescences mâles (paniculées) sont disposées à des endroits distincts sur la plante. Les épis, souvent à raison d'un épi par tige sur lequel sont formés un nombre variable de rangées de grains (de 12 à 16), fournissent entre 300 à 1000 grains. Le grain de Maïs est formé d'un embryon, d'un tissu de réserve, d'albumen et d'une enveloppe fine et translucide : le péricarpe. L'albumen est constitué essentiellement de grains d'amidon. L'assemblage de ces grains d'amidon entre eux par des protéines confère au grain une structure vitreuse ou farineuse. L'amidon corné donne sa couleur aux grains de maïs, généralement jaune, blanc, rouge ou noir (Son, 2015). Les réserves énergétiques représentent 80 à 84 % du poids total du grain frais. Composées de féculs (90 %) et de protéines (7 %), accompagnées par des huiles, des minéraux et d'autres composés, elles fournissent de l'énergie à la plante au cours de son développement (CTA-ISF, 2012)



Alveis de Oleveira (2010) cité par Millogo (2010)

Figure 1: Morphologie du maïs

II. La place de la culture du maïs dans l'économie du Burkina Faso

2.1.L'importance de la production et des superficies emblavées

2.1.1. Importance de la production

Selon Africa's Green Revolution Drought Tolerant Maize Scam (2010), 300 millions de personnes dans le monde dans plus de 100 pays dépendent du maïs pour leur survie. Il a connu plusieurs croisements pendant des centaines d'années à travers différentes régions du monde. Ce qui explique que le maïs compte plus de cent variétés offrant ainsi une grande diversité génétique. Cette grande diversité offre au maïs une large adaptation favorisant ainsi sa large diffusion à travers le monde (White et Carson, 1999).

Au Burkina Faso, l'accroissement de la production du maïs et l'amélioration de sa conservation post récolte reste la seule alternative pour résoudre le problème de l'insécurité alimentaire de la population de plus en plus croissante. En dépit de la faible productivité, la culture du maïs connaît un essor particulier, dans les zones cotonnières au regard de sa capacité de valorisation du reliquat de fertilisant (Dao, 2013), du fait de sa part élevée dans l'alimentation des populations et de la diversité des utilisations auxquelles il est destiné. Le maïs le plus produit est à grains blancs. En zone rurale, cette céréale a une importance capitale

en périodes dites de soudure (période du début de la saison des pluies où toutes les cultures poussent, mais où les stocks céréaliers de l'année précédente sont épuisés).

Le maïs représente environ un tiers de la consommation totale de céréales alimentaires au Burkina Faso (FAO, 2014). Les principales régions productrices sont les Hauts-Bassins, la Boucle du Mouhoun, les Cascades avec respectivement 346 500 tonnes, 199 000 tonnes, 123 188 tonnes sur une production totale de 1 200 000 tonnes (DGPER, 2010). La production de la saison sèche occupe seulement 0,8 % des ménages agricoles au niveau national. Les principales régions productrices de maïs irrigué sont la Boucle du Mouhoun, les Hauts-Bassins et les Cascades avec respectivement 7 482 tonnes, 2 488 tonnes et 1 894 tonnes sur une production totale de 13 430 tonnes (DGPER, 2010). La production du maïs est donc importante sur le plan économique et alimentaire dans notre pays.

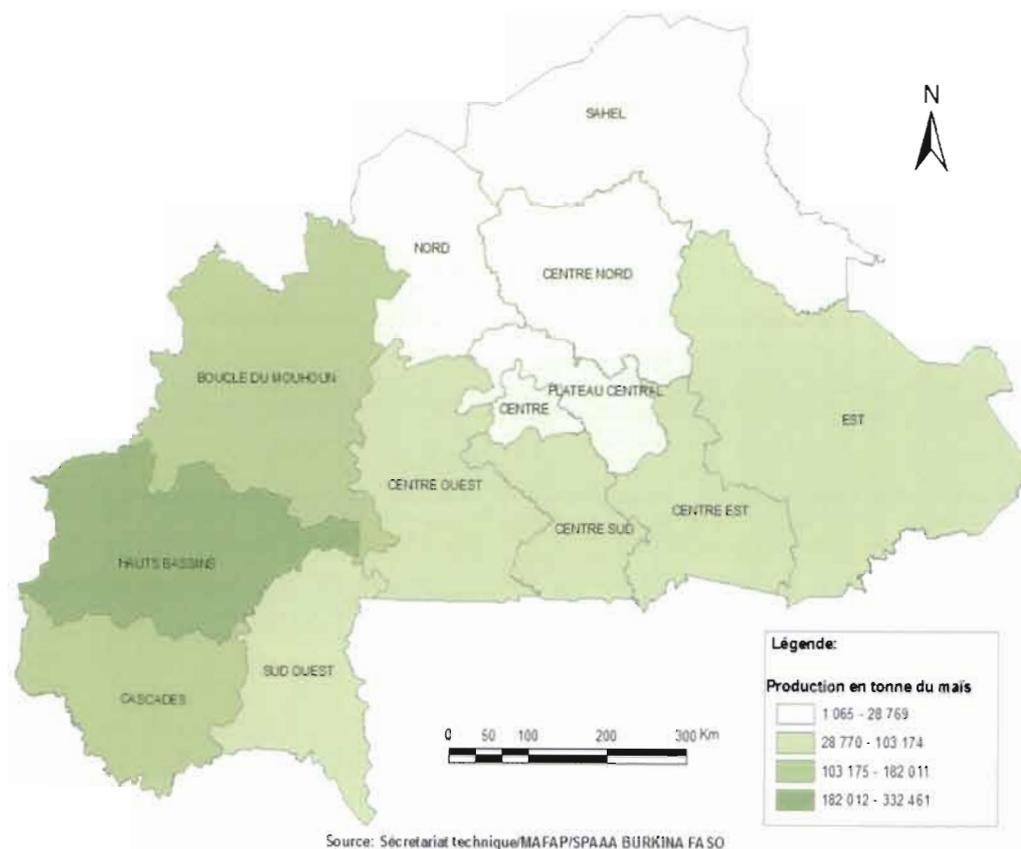


Figure 2: Carte de zones de production de maïs au Burkina Faso en 2011

2.1.2. Les superficies emblavées

Produit dans presque toutes les zones agro écologiques du pays, seul ou en association avec la plupart des cultures, le maïs est pratiqué par environ 78,6 % des ménages agricoles en

saison pluvieuse (SPAAA, 2012) jusqu'aux années 2000 ou le programme Petite Irrigation mis en place par le Ministère en charge de l'agriculture a rendu possible la culture du maïs en saison sèche dans le but de relever le défi de l'autosuffisance alimentaire. Le maïs occupe 16% des superficies cérésières cultivées (SPAAA, 2012).

La maïsiculture du Burkina Faso est étroitement dépendante de la pluviométrie annuelle. Les variations pluviométriques nécessitent l'utilisation de variétés à plus ou moins long cycle. La zone climatique la plus propice est celle des savanes avec une pluviométrie de 800 à 1 200 mm et un ensoleillement important qui réduit le parasitisme. Le maïs a besoin d'une température de 10 °C à 19 °C. L'altitude ne doit pas dépasser 1 800 m (CTA-ISF, 2012) De ce fait, trois aires de culture ont été schématiquement définies (SAUVAIRE et SANOU, 1986).

Dans les zones à pluviométrie inférieure à 900 mm, l'emploi de variétés précoces (85 à 94 jours) et de variétés extra-précoces (75 à 84 jours) est conseillé. Dans les zones à pluviométrie supérieure à 900 mm, l'utilisation de variétés de cycle intermédiaire (95 à 110 jours), qui rentabilisent le mieux la disponibilité en eau, est recommandée. La culture de variétés précoces dans cette zone doit répondre à un souci de gestion du soi (culture de relais ou prévision d'un labour de fin de cycle). L'utilisation de variétés extra précoces est un risque (maladies, oiseaux, qualité du grain...)

Dans les périmètres irrigués et les bas-fonds (pas de contrainte hydrique), l'utilisation de variétés de cycle intermédiaire et tardif (plus de 110 jours) est recommandée (Dao, 2013)

2.2.Capacités nutritionnelles et utilité du maïs

Les grains de maïs peuvent être consommés verts, cuits, grillés, en salade, en soupe, secs (pop-corn, etc.), ou utilisés en provenderie ou comme fourrage frais ou ensilé (CTA-ISF, 2012).Le maïs a actuellement trois grands types d'utilisations :

Dans l'alimentation humaine, le grain de maïs dont la composition chimique est représentée dans le tableau ci-dessus est transformé en farine après avoir enlevé ou non le son. Cette farine entre dans la préparation de met variés dont le tô, la bouillie, le couscous, le dégué. En boulangerie ou pâtisserie cette farine sert aussi à faire des crêpes, gaufres, brioches, beignets, tartes, puddings, muffins ou biscuits. Il est également consommé à l'état frais (grillé ou bouillis). Des germes de maïs sont extraits de l'huile de cuisine, l'huile pour la fabrication de margarine. Les rafles brûlées servent à la fabrication de la potasse (Sanou, 2004).

Tableau 1: Composition chimique des diverses parties du grain de maïs

| Composé chimique (%) | Péricarpe | Albumen | Germe |
|----------------------|-----------|---------|-------|
| Protéine | 3,7 | 8,0 | 18,4 |
| Extrait à l'éther | 1,0 | 0,8 | 33,2 |
| Fibre brute | 86,7 | 2,7 | 8,8 |
| Cendre | 0,8 | 0,3 | 10,5 |
| Amidon | 7,3 | 87,6 | 8,3 |
| Sucre | 0,34 | 0,62 | 10,8 |

Source : Escalante-Ten Hoopen et Maïga, (2012)

La composition chimique du grain de maïs et sa valeur nutritive lui confèrent une bonne position parmi les céréales entrant dans la catégorie « agroalimentaire »

L'utilisation du maïs comme aliment pour les animaux concerne les épis mélangés aux grains grossièrement broyés pour l'alimentation des porcs et ruminants, les feuilles et les tiges sont utilisées pour l'alimentation du bétail. Le son entre dans l'alimentation du bétail, particulièrement des petits ruminants. Le maïs jaune est utilisé dans l'aliment de la volaille, favorable à la reproduction des œufs.

Le maïs fournit des matières premières pour la fabrication d'alcool ou de boisson alcoolique (Cheftel, 1977) et de bon nombre de produits industriels tels que les colles, les textiles, les savons, les vernis etc.

Le maïs, utilisé comme aliment pour les humains, et pour les animaux est aussi une matière première pour l'industrie agroalimentaire. Le maïs occupe donc une place économique dans notre pays.

2.3.Commercialisation du maïs au Burkina et à l'échelle internationale

La commercialisation des produits agricoles est l'activité d'échange des biens et des services relatifs à l'agriculture. La commercialisation des produits agricoles permet de réaliser le transfert d'un produit, du lieu de production au lieu de consommation. C'est donc une série

d'activités interconnectées impliquant : la planification de la production, la culture et la récolte, le tri, le conditionnement, le transport, le stockage, les procédés agroalimentaires, la distribution et la vente. De telles activités ne peuvent se faire sans échange d'informations et dépendent souvent très fortement de la disponibilité d'un financement adéquat.

De nos jours, au niveau international, le maïs se produit à toutes les périodes de l'année, de sorte que s'est développé autour de cette denrée un commerce de grande ampleur depuis le stade du maïs frais jusqu'aux produits transformés. Les systèmes de commercialisation à ce niveau sont dynamiques. Ils sont compétitifs et impliquent un changement et des améliorations continues. L'augmentation de la production mondiale de maïs permet avant tout de répondre aux demandes intérieures. Selon Frédéric Henin (2013) la hausse des échanges commerciaux fait des Etats-Unis les premiers exportateurs mondiaux (27 Mt attendues pour 2013/2014). En effet dans la commercialisation internationale les activités qui prospèrent sont celles qui engendrent des coûts moins élevés, qui sont plus efficaces et qui peuvent fournir des produits de qualité. Celles qui engendrent des coûts élevés, ne s'adaptent pas aux changements de la demande du marché et qui fournissent une qualité moins élevée et sont souvent menées à la faillite. La commercialisation est orientée vers les consommateurs et génère un profit pour le cultivateur, le transporteur, le commerçant, le transformateur, etc. Cela implique que les acteurs impliqués dans les filières de commercialisation comprennent les exigences de l'acheteur, à la fois en termes de produit, mais aussi d'activité économique.

Au Burkina Faso, le maïs est une céréale dont la commercialisation varie en fonction des années. Des infrastructures efficaces de commercialisation, comme les marchés d'en gros, de détail, les marchés associatifs et les installations de stockage sont les conditions essentielles d'une commercialisation rentable, d'une minimisation des pertes post-récolte et d'une réduction des risques sanitaires liés à la commercialisation du maïs. Les marchés jouent un rôle important pour le développement rural, la génération de revenus, la sécurité alimentaire, le développement de liens entre les zones rurales et les marchés, et les questions de parité entre les sexes. En termes d'exportations, le maïs est la première céréale sèche exportée par le pays (EPA, DGPER) bien qu'elle soit la troisième production derrière le mil et le sorgho. En termes d'importations, le maïs occupe la troisième place parmi les céréales après le riz et le blé (SPAAA, 2012). Les planificateurs doivent être conscients de la nécessité de concevoir des marchés qui répondent aux besoins économiques et sociaux d'une communauté et doivent choisir un emplacement adapté.

2.4. Les variétés de maïs cultivées au Burkina Faso

L'espèce *Zea mays*, après des centaines d'années de sélection à travers différentes régions du monde, compte plus de cent variétés offrant ainsi au maïs une véritable base de diversité génétique (Sanou, 1989). Les variétés de maïs sont reconnues par leur différence de :

- ✓ couleur de grain : jaune, brun, noir, voire bleu, blanc et jaune, blanc, jaune pâle et jaune foncé ;
- ✓ saveur : plus ou moins sucrée, farineuse ;
- ✓ utilisation : nutrition humaine, animale, industrie

Ainsi au Burkina Faso les variétés sont recommandées prioritairement en fonction de la zone écologique, des besoins des consommateurs même selon le niveau du producteur

Tableau 2: Variétés de maïs recommandées au Burkina Faso (SANOU, 1989).

| Niveau d'intensification de l'agriculture | Cycle semis-récolte | | |
|---|---|--|---------------------|
| | Moins de 95 jours | 95 à 110 jours | Plus de 110 jours |
| Traditionnel | Jaune Flint de Saria, Jaune de Fô | Massayomba, IRAT 80 | |
| Amélioré | Maka ¹ , KPJ, KPB, KE1 ² , KEB ² | IRAT 171, IRAT 200 ¹ , SR 22, FBPC 1 ³ POZA RICA 7822 ⁴ | |
| Intensif | | IRAT 83, IRAT 98, IRAT 100, IRAT 178, FBH 1, FBH 33 ⁴ | 1 RAT 81 |
| Conditions climatiques | Pluies < 900 mm | Pluies > 900 mm | Périmètres irrigués |

1. Variétés recommandées pour la consommation en frais.

2. Variétés extra-précoces.

3. Variétés de maïs à éclater (pop-corn).

4. Les variétés de ce groupe sont adaptées en périmètre irrigué. Ainsi la production du maïs au-delà des besoins familiaux



Photo 1: Exemple de variétés de maïs (Source : Sanou 1989)

III. Contraintes liées à la production du maïs

3.1. Contraintes abiotiques

Les principales contraintes abiotiques liées à la production du maïs sont entre autres la pluviométrie et le type de sol. En effet, le maïs est une plante dont la culture est étroitement dépendante de la pluviométrie annuelle. Le climat joue donc un rôle primordial dans la culture du maïs. Avec les changements climatiques, on enregistre souvent une pluviométrie excédentaire qui n'est pas toujours favorable du fait de la violence des précipitations et des inondations qui en résultent. Les variations pluviométriques nécessitent l'utilisation de variétés à plus ou moins long cycle. Dans les zones où la pluviométrie est faible les variétés précoces et les variétés extra-précoces sont conseillées. La variété doit donc répondre à la question de l'insuffisance des pluies. L'azote augmente le rendement du maïs dans presque tous les sols et presque toutes les conditions de cultures (FAO, 1987) et le phosphore joue un rôle important dans la nutrition minérale du maïs.

Au Burkina Faso, les sols sont, en majorité, pauvres en azote et en phosphate, cela empêche le développement normal de la plante. Compte tenu du faible pouvoir d'achat des producteurs, cela ne leur permet pas de s'acquérir des matières fertilisantes ce qui entraîne l'appauvrissement croissant des sols (Dao, 2013)

3.2. Contraintes biotiques

En ce qui concerne les contraintes biotiques, elles se divisent en trois types: les ravageurs, les mauvaises herbes et les maladies. Les ravageurs se composent des oiseaux, des insectes, des rongeurs, etc. Qui consomment soit les grains semés ou les jeunes plantes ou encore les grains formés à maturité ou non. Les oiseaux et les insectes peuvent également être des vecteurs de maladies. Les insectes déprécient la qualité des grains à travers leurs activités

de nutrition et de reproduction (Mlambo, 1992 cité par Sanou, 2004). Dans leur recherche de nourriture, les oiseaux peuvent provoquer des manques à la levée; c'est notamment le cas des francolins (Sanou, 2004). Plusieurs mauvaises herbes et plantes parasites freinent le développement du maïs qui supporte mal la concurrence. Parmi ces plantes le striga est le plus redouté, car il occasionne des pertes importantes de rendement. Il y a également les nématodes qui occasionnent des dégâts sur les cultures. Quant aux maladies du maïs, elles peuvent être causées par plusieurs agents pathogènes tels que les nématodes, les virus, les bactéries et les champignons.

IV. Les différentes opérations post récolte sur le maïs.

Le maïs est une plante semée entre juin et juillet. Elle arrive à maturation après 3 à 4 mois. Chaque type de maïs a ses règles. 60 à 75 jours après le semis pour les variétés précoces et 75 à 85 jours après le semis pour les variétés tardives (Sanou, 2004). Les épis de maïs sont récoltés frais ou secs selon le goût et les utilisations. Le maïs grain se récolte entre 25 et 35% d'humidité. Cela se reconnaît lorsque les spathes de l'épi ont jauni et que les feuilles sont en voie de dessèchement (CTA-ISF, 2012). Les grains sont ensuite séchés avant sa commercialisation. Le maïs doux, lui, se récolte très humide environ 70% d'humidité (Sanou, 2004). Plusieurs opérations sont menées après la récolte.

4.1. Traitement pendant la récolte

La récolte du grain de maïs peut se faire en épis ou en grains. La récolte en épis peut se faire plus précocement, lorsque le taux d'humidité va de 35 à 45 %. Les épis sont séchés naturellement. On utilise souvent des cueilleurs-épanouisseurs, tractés ou automoteurs (pour les grandes semences), qui récoltent les épis débarrassés de leurs spathes. La récolte en grains, la plus répandue actuellement, nécessite l'opération de battage (réalisée par des cueilleurs-égreneurs ou des moissonneuses batteuses adaptées, munies de bec cueilleur), et suppose un taux d'humidité compris entre 20 et 35 %. Les grains doivent être séchés à l'air chaud pour ramener le taux d'humidité à 14-15 % permettant un stockage prolongé. Le maïs-fourrage se récolte à l'aide d'ensileuses qui hachent les plantes entières lorsque le taux de matière sèche atteint 30 % (grain rayable à l'ongle). Le maïs-fourrage est destiné aux ruminants et peut être ensilé ou utilisé comme fourrage frais.

4.2. Traitement pendant le transport

La principale perte de récoltes au cours de la phase post-récolte a lieu pendant le transport ou en découle directement. Selon le stockage des produits vivriers et semenciers

Tome 1 (1985), le transport en vrac a plus de possibilité de contamination. Un lot de grain indemne, transporté du champ, du village ou du centre de collecte jusqu'au magasin ou au silo par des charrettes, des camions, des wagons peut se trouver contaminé par des insectes cachés dans les recoins, intervalles entre les planches, replis de bâches, débris de précédents chargements non balayés. On doit lui préférer un transport après conditionnement qui limitera, les contaminations, les chocs et écrasements des grains (cartons paniers, cagettes).

4.3.Traitement Pendant le stockage

Les semenciers conservent leurs semences pour l'année suivante sous des hangars bien secs car les conditions de stockage influent peu sur le pouvoir germinatif des grains lors des 12 premiers mois. Pour une conservation sur deux ans et plus, ils utilisent des chambres froides à 10 degrés et 50 % d'humidité. Les particuliers peuvent conserver leurs semences au réfrigérateur. La règle de base pour la conservation des semences est d'éviter les changements fréquents de température et de taux d'humidité.

V. Facteurs d'altération de la qualité et de la quantité des grains de maïs en stockage

5.1.Facteurs météorologiques et biochimiques

Durant le stockage, les organismes vivants que sont les grains respirent. Cette activité provoque une perte de matière sèche, dans ce cas l'amidon, tout en produisant du gaz carbonique, de l'eau (sous forme de vapeur) et de la chaleur. Ce phénomène est fréquemment observé dans les masses de grains stockées humides. Il donne lieu à une forte variation de température, au développement de micro-organismes tels que les moisissures et finalement à une prise en masse des grains. Outre l'activité métabolique des grains, la chaleur, la teneur en eau des grains ainsi que la date de récolte ont une influence sur le dégagement de chaleur.

5.2.Facteurs liés aux agents biologiques de dégradation

Les principaux agents biologiques responsables de l'altération des grains au cours du stockage sont les insectes, les micro-organismes et les rongeurs.

5.2.1. Microorganismes des grains

Les microorganismes observés dans les stocks de céréales se composent de bactéries, de levures et de moisissures. Les limites inférieures moyennes de développement en fonction de l'humidité relative de l'air sont de 90% pour les bactéries, 85% pour les levures et 65 % pour les moisissures. En général, Ce sont donc les moisissures (les genres *aspergillus* et *Penicillium*) qui constituent la menace la plus fréquente en cours de stockage. Au cours de

leur développement, elles produisent parfois des toxines qui rendent les denrées sur lesquels elles sont présentes impropres à la consommation humaine ou animale. Le cas le plus connu est celui de l'aflatoxine, une mycotoxine cancérigène produite par *Aspergillus favus*.

5.2.2. *Rongeurs*

Les principaux rongeurs déprédateurs des stocks sont le rat gris, le rat noir et la souris, que l'on rencontre pratiquement sous tous les climats. Selon les régions, des espèces locales de rongeurs peuvent également s'attaquer aux produits stockés. Les rongeurs occasionnent des pertes quantitatives en consommant les produits et des pertes qualitatives en souillant les denrées par leurs déjections. Ils provoquent également des dégâts au niveau des structures de stockage ou des emballages (sacs) (ILO - WEP, 1986).

Pour lutter contre ces différents facteurs de dégradations des grains plusieurs méthodes de lutte sont utilisées au niveau paysan.

5.2.3. *Insectes*

En zone tropicale de très nombreuses espèces d'insectes s'attaquent aux denrées stockées. Certaines sont spécifiques au stockage alors que d'autres peuvent infester les produits dans le champ. Les principaux insectes déprédateurs des produits céréaliers appartiennent à deux ordres:

- ✓ Les coléoptères tel que *Sitophilus zeamais*, *Rhizoperta dominica*, *Prostephanus truncatus*, possèdent des ailes membraneuses protégées par des «élytres». Ce qui les rend relativement résistants et leur permet de se déplacer dans une masse de grains.
- ✓ Les lépidoptères ou papillons tel que *Sitotroga cerealella*, et *Ephestia cautella* possèdent deux paires d'ailes (à écailles) fragiles et n'infestent que la couche superficielle des masses de grains (Genest *et al.*, 1990 ; Delobel et Tran, 1993 ; Traore *et al.*, 1996).

Dans les stocks, les insectes occasionnent des pertes importantes en consommant l'albumen et parfois le germe des grains. Ce sont bien souvent les larves, pour certaines espèces vivant à l'intérieur des grains, qui provoquent les dégâts les plus sensibles. Enfin, par leur activité biologique qui produit des déchets (fines farines), des dégagements de chaleur et de vapeur d'eau, les insectes créent un milieu propice au développement des micro-organismes (ILO - WEP, 1986).

5.3. Quelques techniques d'atténuation contre les attaques de ces ravageurs

- Exposer le maïs en couches minces au soleil.
- Utiliser des plantes répulsives, ou mélanger aux grains des plantes insectifuges telles que le neem.
- Utiliser la lutte mécanique, telle que le transilage, secouage et passage au tarare pour éliminer une partie des insectes.
- Recouvrir le maïs d'une pellicule d'insecticide.
- Faire la fumigation des vapeurs insecticides mises au contact du maïs pour détruire rapidement toutes les formes
- Tenir les greniers propres et boucher les fissures des parois.
- Traiter par le sulfure de carbone (phostoxin).
- Employer des tarares spéciaux, dits tue-teignes, qui brisent les graines attaquées.
- Battre et faire moudre le plus tôt possible après la moisson, désinfecter le grenier.
- Procéder le plus tôt possible au battage à la machine après la moisson.
- Faire le pelletage des tas de grains dans les greniers

VI. Méthodes de lutte

Plusieurs méthodes sont utilisées pour contrôler les populations de ravageurs dans les stocks de maïs.

6.1. Méthodes de lutte traditionnelles

Les méthodes traditionnelles de lutte ont toujours été conçues de manière à être compatibles avec les moyens dont dispose le paysan. Elles sont variées :

6.1.1. Utilisation de substances minérales

Plusieurs substances minérales sont ajoutées aux denrées stockées, notamment le sable fin, la poussière de terre glaise, la chaux vive, la cendre de bois (Alzouma, 2001 ; Dabiré, 1992). Les substances minérales provoquent chez les ravageurs, en particulier les insectes, des altérations de la cire protectrice. Elles remplissent les vides entre les grains et constituent une barrière à la progression des femelles cherchant à se reproduire ou à pondre. Ces matériaux fins auraient également un rôle abrasif sur les insectes et entraîneraient leur déshydratation. Ces produits lorsqu'ils sont fins se fixent dans les articulations des insectes et entravent leur mobilité, ils bloquent également leur respiration au niveau des stigmates (Cruz et al, 1988).

Ces substances entraînent des effets indésirables pour le consommateur, notamment une altération du goût de la denrée. Elle nécessite par ailleurs l'utilisation de quantité importante de cendre, ce qui réduit son utilisation à des quantités de denrées de volume limité (Gaby-Stoll, 1988).

6.1.2. Utilisation des substances d'origine végétale

De nombreuses plantes ou parties de plantes (feuilles, rameaux, écorces et inflorescence) sont utilisées par les paysans pour la protection de leurs récoltes durant le stockage (Schmutterer, 1987 ; Schmutterer et Ascher, 1987 ; Gaby-Stoll, 1988). Les substances contenues dans ces plantes ou parties de plantes possèdent des modes d'action complexes qui ne se limitent pas à leurs simples propriétés physiques. On leur connaît des effets insecticides, des effets paralysants sur le développement des insectes ainsi que des effets répulsifs et (ou) antiappétants sur l'alimentation de ces derniers (Lucas, 1980).

6.1.3. Exposition au soleil

L'exposition des denrées au rayonnement solaire intense réduit la teneur en eau de la graine ce qui permet d'éviter le développement des moisissures et réduit les populations des insectes. En effet lorsque la teneur en eau des graines est très faible, les larves n'arrivent pas à s'y développer. Cette méthode favorise également le départ des insectes adultes qui ne supportent pas les fortes chaleurs ni la lumière intense (en stock, les insectes se cantonnent souvent dans les zones sombres). Le produit doit être disposé en couches minces de telle sorte que les formes cachées dans le grain soient atteintes (Cruz *et al*, 1988).

6.1.4. Enfumage

Certaines denrées comme le maïs sont souvent stockées en épis au-dessus des foyers domestiques et sont ainsi enfumées presque en permanence. Cet enfumage ne tue pas les insectes, mais les éloigne et empêche la ré-infestation.

6.1.5. Conservation en atmosphère confinée

Cette technique est utilisée de façon traditionnelle dans certaines régions. Elle consiste à appauvrir en oxygène l'atmosphère intergranulaire jusqu'à un taux létal pour les insectes. L'obtention de structures étanches (silo enterré, bidon) est le principal obstacle à sa mise en œuvre (Cruz *et al*, 1988).

En Afrique, on note selon (Alzouma, 2001), une grande diversité de structures de stockage traditionnel en fonction: des conditions climatiques ; des structures des populations

et de leurs héritages socioculturels ; de la nature et de la qualité des matériaux disponibles ; du type et de la nature des denrées à stocker (céréales, légumineuses, ou tubercules). Selon (Gwinneret *et al.* 1996), on distingue trois principales structures de stockage en milieu paysan : les systèmes de stockage ouverts, les systèmes de stockage fermés et les systèmes de stockage semi-ouverts.

6.1.6. Les systèmes de stockage ouverts

On les rencontre partout et en particulier dans les régions chaudes et humides. On pratique ce mode de stockage quand la denrée présente un taux d'humidité élevé au moment de la mise en stock. En pays sahélien, il est temporaire pour terminer le séchage. Les épis sont placés sur les toits ou sur une plateforme en bois dans les champs. On peut également trouver le système ouvert permanent dans les pays où l'humidité ambiante est élevée. Au Burkina Faso, les épis triés comme semences sont conservés en bottes ou en gerbes et suspendus aux branches ou au-dessus des foyers (Photo 2). Ces systèmes permettent non seulement de sécher la denrée durant le stockage, mais aussi d'enrayer le développement des champignons. Par contre, la denrée n'est pas à l'abri de l'attaque directe d'insectes et bien d'autres ravageurs comme les oiseaux et les rongeurs (Alzouma, 2001).



Photo 2: Photographie des structures de stockage ouvertes (Source : Alzouma, 2011)

6.1.7. Les structures de stockage fermées

Dans les zones sèches sahéliennes, on utilise la plupart du temps pour le stockage des conteneurs de stockage fermés conçus à base d'argile et mélangée à de la paille hachée. Ces structures sont appelées « greniers en banco » (Alzouma, 2001). De forme ronde ou carrée, ces greniers reposent généralement sur des grosses pierres ou sur une plateforme en bois qui constitue la base du grenier. Les greniers sont parfois divisés en plusieurs compartiments qui permettent ainsi de stocker plusieurs produits. Les systèmes de stockage fermé les plus rencontrés sont : les fûts métalliques ou plastiques, les sacs, les aménagements souterrains,

etc. Ces structures assurent généralement une bonne conservation et ceci d'autant plus qu'ils se situent dans des zones où les grains sont dès la récolte, à une humidité basse.



Photo 3: Structures de stockage fermées (Source : Alzouma 2011)

6.1.8. Les structures de stockage semi-ouvertes

C'est des structures de stockage très répandues dans les régions semi-arides d'Afrique. Ce sont des greniers en pailles de graminées appelés seccos (Alzouma, 2001). Ils constituent une sorte de grand panier, posé sur une plateforme en bois à quelques dizaines de centimètres (30-40 cm) du sol, et recouvert d'un toit de chaume. La récolte y est stockée pendant plusieurs années (Cruz et al. en 1988). C'est le plus rencontré en pays mossis au Burkina Faso. Ces systèmes de stockage assurent une meilleure protection des denrées contre les intempéries comparativement aux systèmes ouverts. Toutefois, ces systèmes poreux n'offrent aucune protection contre la pénétration des déprédateurs.



Photo 4: Structures de stockage semi-ouvertes (Source : Alzouma 2011)

6.2.Méthodes de lutte modernes

Les agriculteurs ont tendance à abandonner les techniques traditionnelles de conservation utilisant les ingrédients naturels, pour les remplacer par l'emploi d'insecticides chimiques en poudre et aussi la construction de magasin de stockage. L'utilisation d'insecticide chimique:

6.2.1. Les insecticides chimiques

L'utilisation d'insecticides chimiques conduit à une élimination à court terme, des insectes nuisibles. En raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés.

6.2.1.1.Traitement par contact :

Il consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue. Le traitement de contact se développe de plus en plus, notamment en poudrage ou en pulvérisation.

6.2.1.2.Traitement par fumigation

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent

Les insecticides les plus utilisés sont : les organophosphorés (Chlorpyrifos- méthyl, Pyrimiphos- méthyl,...) et les pyréthrinoïdes de synthèse (Bioresméthrine, Delta méthrine,...).

6.2.2. Les inconvénients de l'usage des insecticides chimiques

L'utilisation des insecticides chimiques pour lutter contre les insectes ravageurs a conduit à la contamination à court ou à long terme, selon la nature du produit utilisé dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués (Benayad, 2008). Aussi, la présence des emballages de ces produits autour des concessions conduit à un désordre éco toxicologique.

6.2.3. Les magasins

Selon le Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux (1999) plus en plus les producteurs conservent leurs denrées dans les magasins ou des chambres reconverties en magasins. Ces magasins sont généralement de forme rectangulaire. Les parois

sont en banco et la toiture est faite de zinc en tôles ondulées. Les denrées y sont conservées en sacs. Malgré des traitements phytosanitaires qui sont parfois appliqués l'infestation par les insectes est souvent présente.

✦

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I. Présentation des sites d'étude

Les communes de Koumbia, Kourouma, Dandé et N'dorola sont des zones où la production de maïs est intense. Malgré les innovations des structures de conservation dans ces dites localités, on assiste toujours à la perte post récolte du maïs. Ces communes rurales relèvent respectivement des provinces de Tuy (11°25'00" Nord, 3°25'00" Ouest), du Houet (11°20'00" Nord, 4°15'00" Ouest) et du Kenedougou (11°25'00" Nord, 5°00'00" Ouest) (voir figure 3)

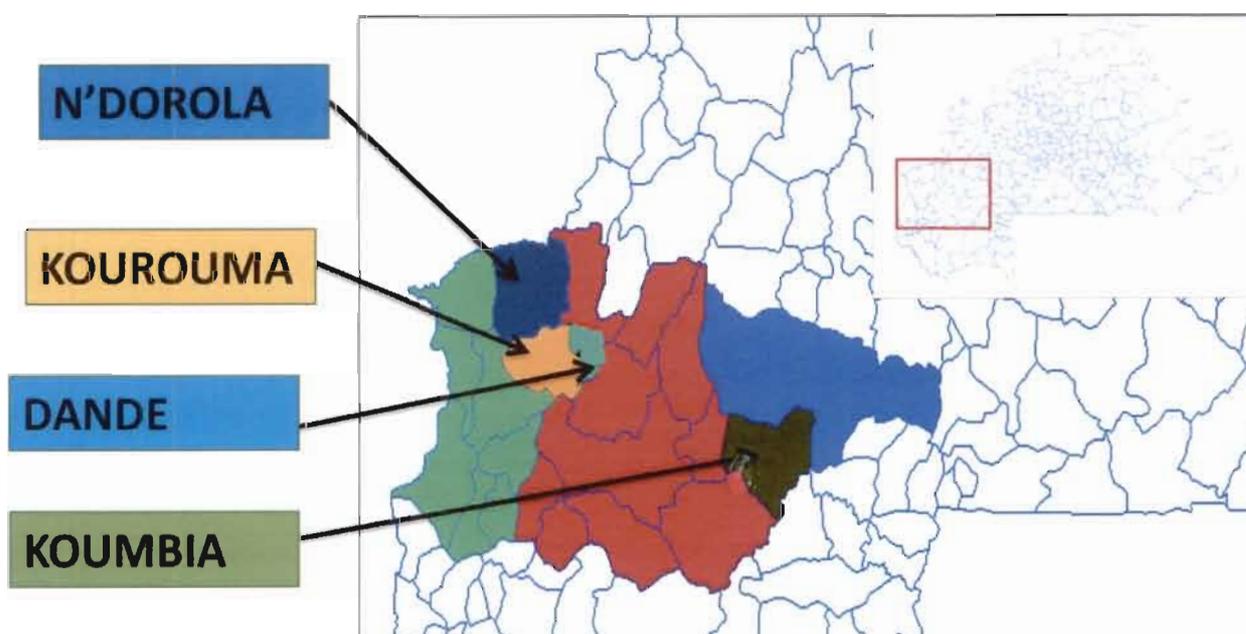


Figure 3: Localisation des sites d'études sur la carte du Burkina Faso

1.1. La commune rurale de Koumbia

Dans cette zone d'étude, les travaux se sont déroulés dans les villages de Koumbia et Gombeledougou.

1.1.1. Le village de Koumbia

Le village de Koumbia est le chef-lieu de la commune rurale de Koumbia dans la province du Tuy. Il est localisé à 35 km de Houndé le chef-lieu de la province du Tuy. Le village de Koumbia est limité à l'Est par les villages de Sébédougou et de Dankari, à l'Ouest par les villages de Kongololika et de Waly, au Nord par le village de Dougoumatol et au sud par les villages de Soa, de GombéléDougou et la forêt classée du Mou (PNGT, 2002).

- Les aspects physiques

Le village de Koumbia est situé dans la zone climatique sud soudanienne. Il est caractérisé par des conditions agro-climatiques favorables à la production agro-pastorale. En effet, la pluviométrie annuelle varie de 800 à 1 100 mm. Les premières pluies utiles interviennent entre avril et mai selon les années et se prolonge parfois jusqu'au mois d'octobre avec souvent de petites pluies (Ouedraogo 2004) et une saison sèche allant de novembre à avril de l'année suivante.

La végétation du village de Koumbia est constituée de savane arbustive et arborée le long des cours d'eau et dominé par *Mitragyna inermis* (Willd), *Cordia myxa* (Thwaites), *Nauclea latifolia* (Sm) (PNGT, 2000). Dans les champs et abords des champs on retrouve les espèces comme *Parkia biglobosa* (Jacq), *Bytuospermum parkii*, *Anogeissus leocarpus* (DC) Guill. Et Perr, *Lannea acida* A. Rich, *Lannea microcarpa* Engl et K. krause, *Terminalia avicennoides*, *Piliostigma thonningii* (Schum), *Zizuphus mauritiana* Lam, *Prosopis africana* Guill et al, *Pterocarpus erinaceus* Kuntze.

- Aspects socio-économiques

La population du village est d'environ 7 728 habitants dont 3 865 hommes et 3 863 femmes, répartis entre les musulmans, les protestants, les catholiques et les animistes (INSD, 2006). Selon (Vall et al. 2006), la densité de population est de 55 habitants au Km² et les allochtones sont les peulhs (8 % de la population) et les Moosé (54 % de la population).

Les principales activités socio-économiques demeurent l'agriculture, l'élevage, le commerce, la pêche, la chasse, la cueillette, l'artisanat. L'agriculture est de type extensif avec pour principales espèces, le coton, le maïs et le sorgho, et en second plan, le mil, le riz pluvial et le niébé. La culture du maïs est une activité pratiquée par la quasi-totalité de la population du village.

1.1.2. Le village de Gombeledougou

Le village de Gombeledougou se trouve à 95 km à l'Est de Bobo-Dioulasso, sur l'axe routier Koumbia-Dano dans la province de Tuy. Il est limité au nord par les villages de Pê et Sébédougou, à l'Est par les villages de Man et IntiéDougou, à l'Ouest par le village de Koumbia et au Sud par la forêt classée de la Mou. Le terroir s'étend sur environ 10 000 ha, selon les premiers travaux cartographiques de 1994 (Ouedraogo, 2004 cité par Sanon, 2013).

- Les aspects physiques

Gombeledougou est situé dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso avec un climat de type soudanien. Les précipitations, relativement abondantes, oscillent selon les années entre 700 et 1 200 mm. Les pluies s'étalent de juin à septembre avec un pic maximum mensuel situé en août (Sanon, 2013).

La végétation naturelle, de type sud soudanien (Guinko, 1984), est à l'image des conditions climatiques et édaphiques du village de Gombeledougou. Elle est diversifiée et comprend une savane boisée, une savane arbustive, une forêt claire et des formations ripicoles. La végétation y est moins importante qu'à Koumbia (Sanon, 2013).

- Les aspects socio-économiques

Le village compte 2935 habitants (INSD, 2006) classée en deux catégories suivant leurs origines: les autochtones, Bwaba (13%) et les migrants plus nombreux (87%). Ces migrants se composent des mêmes familles migrantes qu'à Koumbia dont les Mossis (83%), les Peulhs et les Dafmgs (4%). L'agriculture et l'élevage sont les principales activités économiques. Les spéculations cultivées sont les mêmes que celles cultivées à Koumbia.

1.2.La commune rurale de Dandé

Avec une superficie de 239 km² la commune de Dandé est limitée au Nord, par la commune de Koundougou, au sud et à l'Est par la commune de Bama et à l'Ouest, par la commune de Kourouma (Province du Kéné Dougou)

- Les aspects physiques

Le climat est de type sud-soudanien avec une pluviométrie annuelle se situant entre 1000 et 1 200 mm. Deux saisons se distinguent dans cette zone : une pluvieuse, allant de juin à octobre et sujette à des fortes irrégularités de pluies dans le temps et dans l'espace et l'autre sèche (novembre à mai). Cette saison sèche se subdivise en deux périodes :

- une période sèche et fraîche allant de novembre à mai ;
- une période sèche et chaude qui part de mars à mai.

La végétation est constituée de savane arborée, de savane arbustive et de savane boisée. Les espèces végétales arborées fréquemment rencontrées dans cette zone se composent de *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn, *Lannea microcarpa* Engl et K. krause, *Parkia biglobosa* (Jacq), *Sterculia setigera* Delile, *Butyrospermum parki*, etc.

La Strate arbustive dense par endroit est dominée par *Combretum glutinosum* Perr, *Combretum collinum* Loefl, *Annona senegalensis* Pers, *Guiera senegalensis* JF Gmel, *Detarium microcarpum* Guill et Perr, *Acacia seyal* Delile etc.

- Les aspects socio-économiques

Les résultats préliminaires du recensement général de la population et de l'habitat de 2006 donnent 21 310 habitants pour la commune de Dandé. Les femmes sont majoritaires dans la commune avec environ 52% de la population contre 48% chez les hommes. L'agriculture est la principale activité économique. Jadis fondé sur l'agriculture céréalière, le système de production agricole dans cette zone a évolué vers les cultures de rente avec l'introduction du coton. C'est une agriculture de type extensif. L'élevage est la seconde activité après l'agriculture

1.3. Commune de Kourouma

La commune rurale de Kourouma, province du Kéné Dougou, est située à 90 Km au Nord-ouest de Bobo-Dioulasso (rapport du conseil communal de Kourouma, 2009). D'une superficie de 875,739 Km², elle est composée de 15 villages administratifs dont le chef-lieu est Kourouma. Elle partage ses limites administratives avec les communes rurales de Kayan et de N'Dorola au nord, la commune rurale de Koundougou au Nord-est, la commune rurale de Samorogouan à l'Ouest, la commune rurale de Dandé à l'Est, et au Sud avec la commune rurale de Karangasso Sambla.

- Les aspects physiques

Kourouma est situé dans la zone sud Soudanienne (Guinko, 1984). La saison pluvieuse va de mi-mai à septembre avec une hauteur moyenne de pluies de 1107,63 mm de 1999 à 2008. La saison sèche va d'octobre à mi-mai (Geofa, 2009). La pluviométrie de la commune concernant la période de stage n'est malheureusement pas disponible due au problème technique de fonctionnement. Le réseau hydrographique est marqué par la forte présence du Mouhoun qui constitue une frontière naturelle entre la commune et les communes de Bama et Karangasso Sambla et d'autres cours d'eau temporaires.

Les espèces telles que *Butyrospermum parkii*, *Parkia biglobosa* (Jacq), *Sclerocarrha birrea* A. Rich, *Pterocarpus erinaceus* Poir dominant la végétation constituée d'une savane arborée (Daho, 2006)

- Les aspects socio-économiques

Selon INSD (2006), la commune compte 35 122 habitants. L'agriculture et l'élevage dominent l'activité économique. L'agriculture occupe 74 % des unités de production (Daho, 2006). Les superficies en coton et en maïs sont les plus importantes, respectivement 2 983 ha et 2 500 ha en 2005-2006 (Daho, 2006). La riziculture et le maraichage se pratiquent de plus en plus au détriment du sorgho et du mil. La traction animale est la plus utilisée

1.4. Commune rurale de N'dorola

Située au nord de la province de KENEDOUGOU, la commune de N'DOROLA (Latitude 11°46'20"N ; Longitude 4°50'02"W) couvre une superficie de sept cent quatre-vingt-treize (793) kilomètres carré (km²). Elle est limitée au nord par la république du Mali ; l'ouest par la commune de la Morolaba; à l'est par la province du Houet et au sud par les communes de Samorogouan et de Kourouma.

- Les aspects physiques

Appartenant au climat tropical de type sud soudanien, la commune reçoit en moyenne 900 à 1 400 mm de pluie par an. La saison humide s'étale du mois d'avril à octobre. Ce sont des traces qui sont le plus souvent enregistré pendant le mois de novembre. En plus, les mois de juillet et août sont les plus arrosés. La saison sèche va de décembre à avril. On enregistre dans la commune 20 mm de pluie en août et 1 mm de pluie en septembre 2014 (figure 4).

La végétation est dominée par la savane arborée et boisée. On y rencontre les espèces végétales telles que *Parkia biglobosa* (Jacq), *Butyrospermum parkii*.

- Les aspects socio-économiques

Selon (RGPH ,2006) la population est estimée à 30 703 habitants. L'agriculture est la principale activité économique.

II. Le matériel

Le matériel utilisé dans le cadre de notre étude comprend le matériel végétal, le matériel de laboratoire et des fiches d'enquêtes.

2.1.Le matériel végétal

Le matériel végétal est composé essentiellement des grains de maïs produits par les producteurs des différentes localités enquêtées.



Cliché : Somda Bénédicte

Photo 5: Les échantillons de maïs dans des sachets plastiques

2.2. Matériel animal

Le matériel animal qui a servi pour nos expériences est constitué des insectes des échantillons de maïs stockés notamment. Ces insectes sont issus des zones d'étude. Ils ont été recueillis par tamisage.

2.3. Le matériel de laboratoire

Au laboratoire, nous avons utilisé les matériels suivants :

- ✓ Des tamis pour isoler les insectes adultes des échantillons prélevés ;
- ✓ Des bocaux en plastique pour conserver les échantillons ;
- ✓ Des boîtes de pétri en plastique ;
- ✓ Un incubateur réglé à 28°C pour valoriser l'évolution des insectes ;
- ✓ Une loupe binoculaire pour identifier et dénombrer les insectes

2.4. Les fiches d'enquêtes

Deux fiches d'enquête pour chaque zone d'étude ont été élaborées pour les producteurs:

La première fiche consistait à avoir des informations sur les différentes méthodes et structures de conservation des zones de même que sur la vente et les différents ravageurs rencontrés dans les structures de conservation.

La deuxième fiche consistait d'avoir des précisions sur les différentes étapes rencontrées depuis la récolte jusqu'à la conservation. Les producteurs des différentes zones devraient nous expliquer quand et comment se fait la récolte de leur maïs et quelles sont les procédures adoptées jusqu'à la conservation.

III. Méthodologie

3.1. Étude de la perception des producteurs sur les contraintes de stockage et inventaire des insectes des stocks du maïs

3.1.1. Le choix et caractéristique de la population cible

De façon aléatoire, notre étude a porté sur trois(03) types de population : les producteurs de maïs, les commerçants de maïs et les agents de l'agriculture. Dans la commune rurale de Koumbia, le village de Koumbia et Gombeledougou ont été les deux zones enquêtées. Nous avons pris cinq quartiers dans chacun des villages correspondant à des groupements. Dans chacun des groupements, nous avons enquêté dix(10) producteurs ou productrice à domicile. Ainsi donc nous avons pu faire des prélèvements d'une poignée de maïs stocké chez chaque producteur.

Il en est de même pour les autres communes, les producteurs enquêtés sont pris dans cinq groupements dont dix producteurs par groupement. Une série de questionnaires (voir annexe) ont été soumis aux producteurs des dites localités afin d'identifier les différentes méthodes et structures de conservation de maïs, après la récolte et les différents ravageurs des stocks. En ce qui concerne les commerçants de maïs ils ont été interrogés sur la qualité de leur maïs, la vente et sur la méthode de conservation. Pour les agents de l'agriculture, nous nous sommes entretenus avec l'agent disponible sur les méthodes utilisées pour lutter contre les ravageurs des stocks. La taille de la population cible s'élève à deux cent cinquante (250) personnes

Tableau 3: Nombre de personnes enquêtées par village

| Provinces | Villages | Personnes cibles |
|-----------|----------|------------------|
|-----------|----------|------------------|

| | | enquêtées |
|-------------|----------------|-----------|
| Kéné Dougou | N° dorola | 50 |
| | Kourouma | 50 |
| Houét | Dandé | 50 |
| | Koumbia | 50 |
| Tuy | Gombélé Dougou | 50 |
| | Total | 250 |

3.1.2. Inventaire des insectes déprédateurs des stocks de maïs

Au laboratoire, les échantillons collectés sur le site d'enquête ont été tamisés à l'aide d'un tamis à mailles de dimensions 3mm² afin d'isoler les insectes adultes. Les individus recueillis ont été conservés dans des boîtes de Pétri en vue de les identifier. Cette identification des spécimens a été effectuée à l'aide de clés d'identification de (Delobel et Tran, 1993) et une loupe binoculaire. Les spécimens identifiés ont été dénombrés et classés par ordres et par familles.



Cliché : Somda Bénédicte

Photo 6: Tamisage des échantillons de maïs

3.2.Évolution des populations des insectes inféodés aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage groupé

Les échantillons collectés dans chacun des villages sont conditionnés dans des petits sachets contenant une poignée de graines. Ils ont ensuite été introduits dans des boîtes en plexiglas et maintenus à l'étuve (incubateur) à la température de $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ au laboratoire. Chaque mois les insectes sont isolés des échantillons par tamisage pour être identifiés et dénombrés. L'expérience a été répétée quatre fois en vue de suivre l'évolution des populations au fil du temps et vérifier l'existence probable d'autres espèces

3.3.Évolution des populations des insectes inféodés aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage isolé

Cette étude a été réalisée avec les maïs blanc et jaune issues des échantillons prélevés sur la zone d'étude. Vingt (20) graines apparemment saines de chacun de ces deux maïs (blanc et jaune) ont été sélectionnées des échantillons de chaque village et introduites dans une boîte de pétri. Les graines ne comportent aucun orifice d'émergence d'insecte. Elles ont été suivies à l'étuve (incubateur) à la température constante de $28\pm 1^{\circ}\text{C}$. Les observations sont faites chaque mois pour dénombrer les trous d'émergences d'insectes, les adultes émergés et les graines trouées. Après chaque observation, les adultes émergés sont isolés. L'expérience a été réalisée avec Vingt (20) répétitions par variété dans tous les villages concernés par l'étude.



Cliché : Somda Bénédicte

Photo 7: Incubation des grains apparemment sains dans l'étuve

IV. Analyse des données

Le logiciel EXCEL a été utilisé pour la saisie des données sur les grains troués après chaque tamisage et aussi après observation des échantillons incubés. Le logiciel SPSS version 17.0 a été utilisé pour l'analyse des données de nos différents résultats au seuil de probabilité de 5%. Les résultats sont présentés sous forme de diagramme en bâtons et diagramme circulaire. Aussi à l'aide de clé d'identification des insectes, on a pu déterminer les différents ravageurs de ces stocks présentés dans un tableau.

CHAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSSION

I. Résultats

1.1. Perceptions paysannes sur la conservation des maïs stockées

1.1.1. Caractéristiques des producteurs enquêtés

Notre étude a concerné un échantillon de trois cent seize (316) producteurs. Le tableau ci-dessous nous donne les caractéristiques générales de la population enquêtée.

Tableau 4: Caractéristique de la population enquêtée

| Variables (%) | Koumbia | Gombedougou | Dandé | Ndorola | Kourouma |
|------------------------------------|---------|-------------|-------|---------|----------|
| Sexe | | | | | |
| M | 89,1 | 78,5 | 90 | 84 | 78 |
| F | 10,9 | 21,5 | 10 | 16 | 22 |
| Age | | | | | |
| [20 ; 30] | 29,7 | 29,2 | 24 | 20 | 14 |
| [31 ; 60] | 58,4 | 60 | 62 | 72 | 78 |
| [61 ; 77] | 11,9 | 10,8 | 14 | 8 | 8 |
| Niveau d'instruction | | | | | |
| Primaire | 29,7 | 18,1 | 10 | 24 | 18 |
| Secondaire | 6,3 | 5,6 | 10 | 12 | 12 |
| Alphabétisé | 41,4 | 50 | 50 | 14 | 22 |
| Non Alphabétisé | 22,5 | 26,4 | 30 | 50 | 48 |
| Affiliation aux Groupements | | | | | |
| Oui | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Non | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Dans la population enquêtée le nombre de femmes dans chaque localité est resté minoritaire comparativement à celui des hommes (voir tableau). En effet, le pourcentage des femmes a évolué de 10% (Dandé) à 22% (Kourouma) contre 78% (Kourouma) à 90% (Dandé) pour les hommes.

Pour ce qui est de l'âge des enquêtés, la population la plus active a été enregistrée dans la tranche d'âge comprise entre 31 et 60 ans, avec des pourcentages variant de 58,4 à 78%. Ensuite, la population la plus représentée était la frange jeune d'âge inférieur ou égale à 30 ans.

Les résultats montrent également que tous les producteurs enquêtés sont affiliés au moins à un groupement villageois (voir tableau).

1.1.2. Types de cultures pratiquées par les producteurs

Selon les données de l'enquête (voir tableau) les principales spéculations cultivées par les producteurs sont le coton et le maïs, ensuite, vient les spéculations telles que le sorgho (blanc et rouge), le mil, le sésame, le niébé, le riz, le voandzou. Des légumineuses sont aussi cultivées par quelques producteurs. Le maïs pourrait avoir un intérêt certain dans l'économie des producteurs enquêtés. En effet, le tableau indique que le coton et le maïs sont les spéculations les plus cultivées dans les différentes localités avec une proportion de 100%.

Tableau 5 : Taux de pratique des cultures

| Spéculation | Koumbia | Gombeledougou | Dandé | Ndorola | Kourouma |
|---------------------------------|---------|---------------|-------|---------|----------|
| Coton | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Maïs | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Niébé | 96 | 82 | 41 | 64 | 54 |
| Voandzou | 48 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| Mucuna | 7 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Pois d'angole | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sorgho | 79 | 80 | 46 | 70 | 78 |
| Mil | 1 | 2 | 1 | 4 | 0 |
| Sésame | 2 | 8 | 3 | 6 | 0 |
| Soja | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Arachide | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Riz | 1 | 6 | 20 | 14 | 16 |
| Autres (tomates, choux) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

1.1.3. Structures de conservation

Les structures de conservation couramment utilisées dans les différents villages sont représentées par les greniers, les magasins et les maisons d'habitation (voir figure 4) toutes les structures de conservation ont été retrouvées parmi la population enquêtées, sauf dans la localité de Dandé et Kourouma ou aucun n'a affirmé conserver dans les maisons

d'habitations. Le pourcentage des producteurs utilisant chaque structure de conservation a varié en fonction des localités (voir figure 4). Ainsi, dans le village de Dandé, Kourouma et N'dorola, le grenier est la structure la plus utilisée chez près de 30% de producteurs. Cependant, la tendance inverse a été enregistrée dans les villages de Koumbia et Gombeledougou ou moins de 10% utilisent le grenier. En ce qui concerne les magasins, ils sont plus utilisés dans les villages de Koumbia (près de 55%) et de Gombeledougou (près de 40%). Contrairement à ces deux sites le taux d'utilisation de cette structure de conservation est resté très faible dans les autres localités. Particulièrement dans le village de Koumbia le magasin constitue, selon nos enquêtes, la principale structure de conservation du maïs suivi de la maison d'habitation. Par contre, le village de Gombeledougou conserve plus dans la maison d'habitation que dans le magasin. Quant au grenier leur utilisation est peu courante.

Dans les communes de Dandé, Kourouma et N'dorola le maïs est essentiellement conservé dans les greniers. Très peu de producteurs utilisent le magasin et leur maison d'habitation pour la conservation de leur maïs. Il faut noter que le stockage du maïs se fait soit avec l'épis dans les structures de conservation telle que le grenier ou sous forme de grains dans les sacs dans les structures telle que le magasin. Dans la maison d'habitation, le stockage du maïs est mixte (forme grain, forme épis). La figure suivante regroupe les données fournies par nos enquêtés en histogrammes

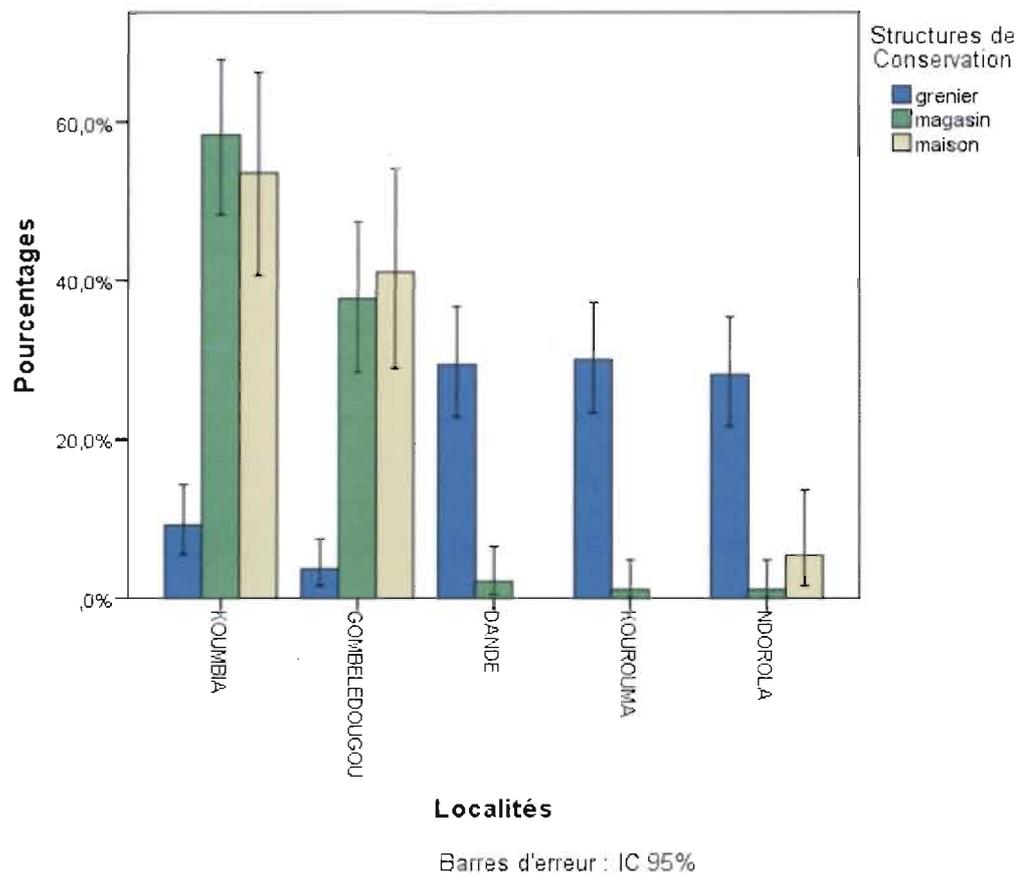


Figure 4: Diagramme en bâton des structures de conservation en fonction des localités



A



B



C



D



E

Cliché : Somda Bénédicte

A : grenier en banco B : magasin de stockage C : magasin traditionnel D : maison d'habitation
E : grenier en paille

Photo 8: Quelques structures de conservation rencontrée lors des enquêtes

1.1.4. Méthode de conservation

L'exposition au soleil, les produits chimiques tels que le RAMBO, BEXTOXIN, PHOXTOXIN représentent des méthodes utilisées dans la conservation du maïs de nos producteurs enquêtés (voir figure 5). Les producteurs utilisent aussi les plantes répulsives comme le neem, *Azadirachta indica* et *Hyptis spicigera*. On a aussi de la matière inerte comme la cendre et le calcaire. Le tableau suivant montre les différentes méthodes appliquées par les producteurs dans les communes rurales.

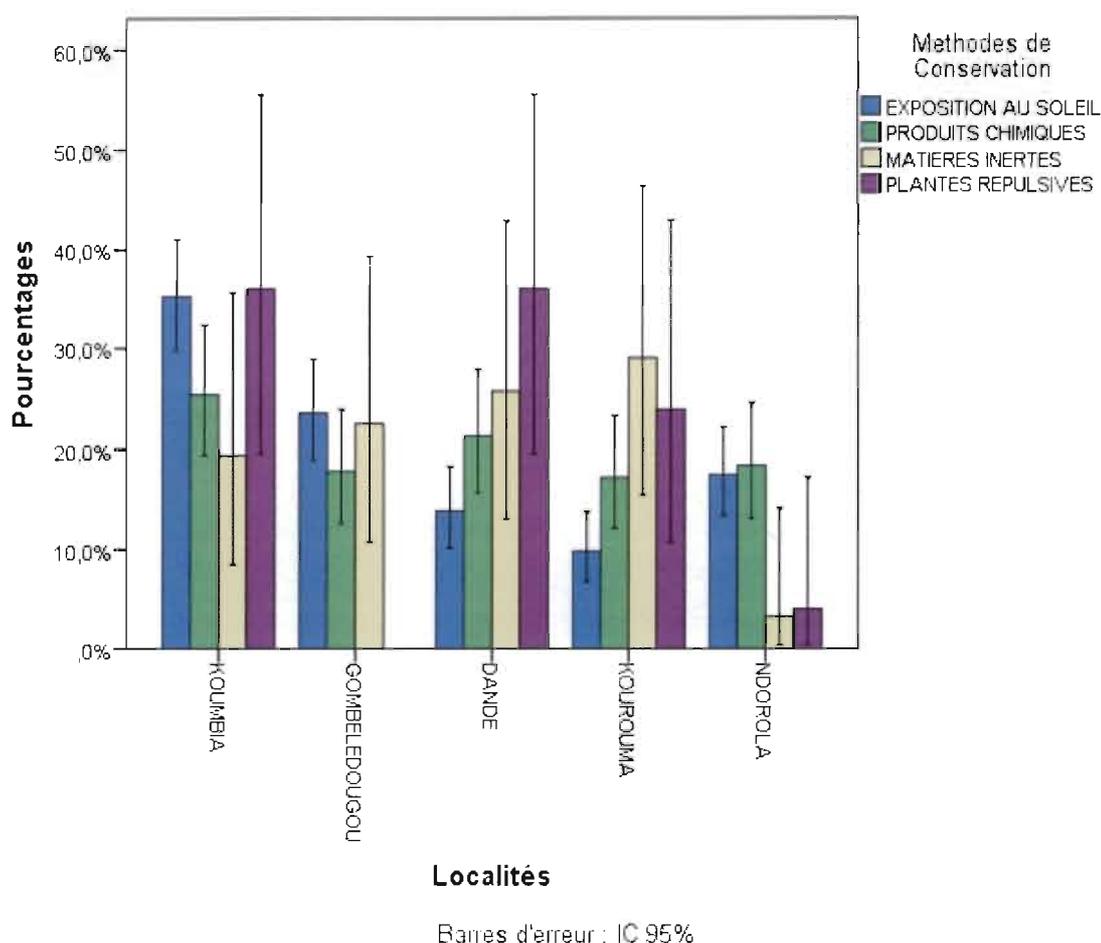


Figure 5: Diagramme en bâton des méthodes de conservation en fonction des localités

Le taux d'utilisation des méthodes varie en fonction des localités. Les résultats de l'étude ont montré que parmi ces méthodes de conservations les plantes répulsives sont les plus utilisés à Koumbia et à Dandé avec un taux d'environ 35%. A Gombelédougou c'est plutôt l'exposition au soleil suivi des matières inertes qui sont les plus utilisés avec un taux respectif de 22% et 35% parmi la population enquêtée. Par contre à Kourouma les producteurs utilisent plus la matière inerte à près de (28%) pendant qu'à N'dorola les producteurs ont

plutôt optés pour la conservation avec les produits chimiques (19%) suivi de l'exposition au soleil.



Cliché : Somda Bénédicte

A : Exposition au soleil du maïs

B : Plante répulsive utilisée dans la conservation du maïs *Hyptis spicigera*

Photo 9: Quelques méthodes de conservation rencontrées lors des enquêtes



Cliché : Somda Bénédicte

Photo 10: Quelques produits chimiques rencontrés lors de nos enquêtes

1.1.5. Utilisation du maïs après stockage

Les enquêtes ont révélé que la majeure partie des productions de maïs sont vendues. A Koumbia la plupart des enquêtés vendent leur maïs après stockage (26,90%). Dans les autres localités le pourcentage de vente est de 18,67% à Gombeledougou, 13,92% à N'dorola, 10,44% à Dandé et 11,71% à Kourouma.

Il faut noter que les enquêtes nous ont permis de savoir que les récoltes non vendues sont destinées à la consommation de la famille

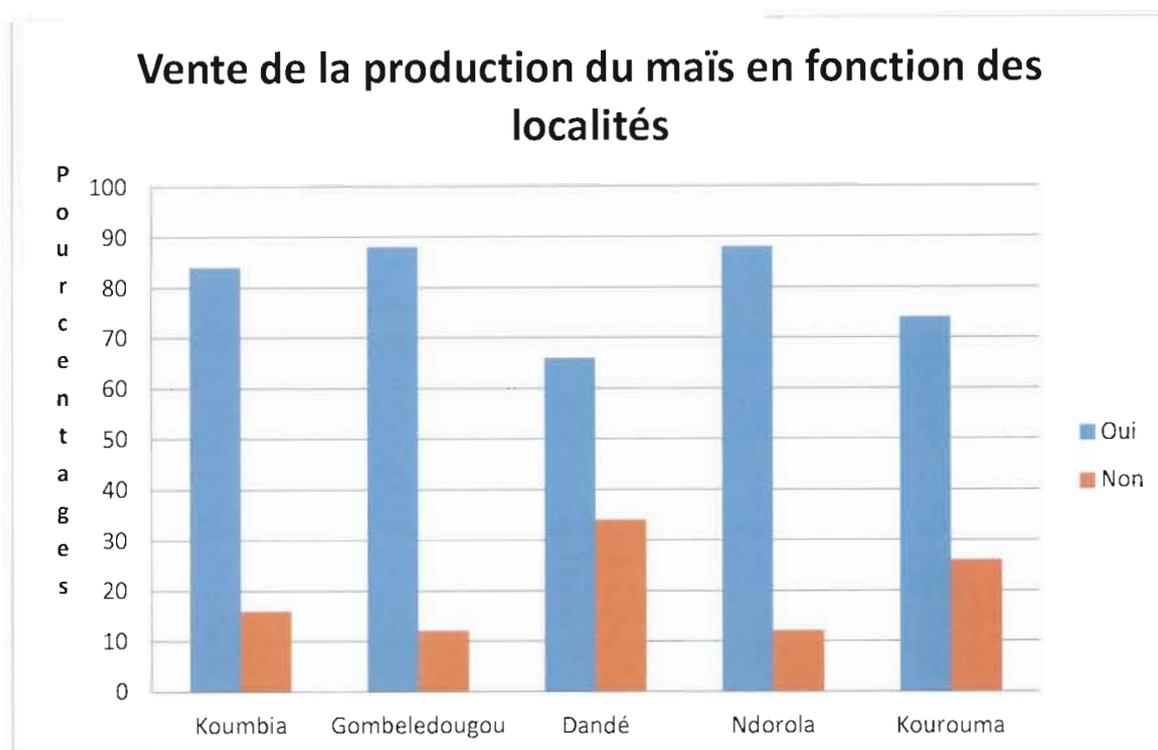


Figure 6: Diagramme circulaire de la vente de production de maïs en fonction des localités

1.1.6. Durée de conservation

Dans la population enquêtée les denrées sont stockées pour une durée de 1 mois à 36 mois en fonction de l'objectif du stock. Les résultats de nos enquêtes sont regroupés dans la figure 7.

La majeure partie des gens conservent leur production de 12 à 24 mois pour toutes les localités. N'dorola représente le site où 80% des enquêtés conservent de 12 à 24 mois suivi respectivement de Kourouma (70%), Dandé (60%), Gombeledougou (59%) et Koumbia (50%).

En plus de 12 à 24 mois de nombreuses personnes conservent pour une période allant de 24 à 36 mois. Koumbia est le site où 38% des enquêtés conservent de 24 à 36 mois suivi de Gombeledougou (20%), Dandé (20%), Kourouma (17%) et N'dorola (16%).

Peu de gens conservent pour une durée allant de 1 à 12 mois. Dandé représente le site où 22% des enquêtés conservent de 1 à 12 mois suivi de Gombeledougou (18%), Koumbia (16%), Kourouma (10%) et N'dorola (3%).

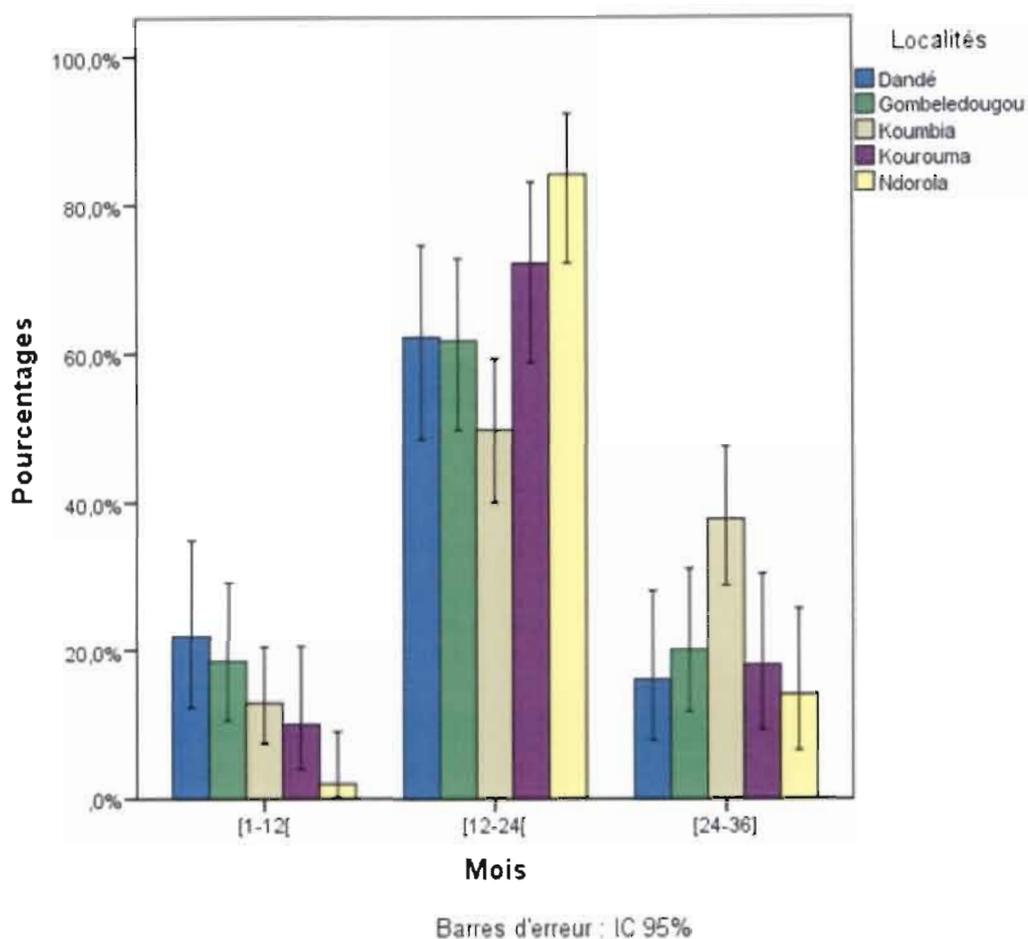


Figure 7: Diagramme en bâtons des durées de conservation en fonction des localités

1.2. Inventaire et identification de la diversité des insectes dans les stocks de maïs

Les insectes constituent l'un des facteurs nuisibles pour une conservation durable des productions céréalières. Selon les producteurs enquêtés les insectes constituent les principaux déprédateurs des stocks suivis des Rongeurs. Dans les échantillons de maïs prélevé, les principaux ravageurs sont les coléoptères et les lépidoptères (voir tableau 6)

Après les quatre mois de tamisage des échantillons de maïs, nous avons relevé six espèces de coléoptères et deux espèces de lépidoptères. Toutes les espèces de coléoptères identifiées ont été observées dans toutes les localités à part l'espèce *Callosobrucus subnotatus* identifiée uniquement dans la localité de Koumbia (7%) et *Callosobrucus maculatus* absent dans la localité de Dandé. L'espèce la plus abondante est le *Callosobrucus maculatus* (20,84%) observée dans la localité de Gombeledougou. Parmi les lépidoptères identifiés, elles sont observées dans toutes les localités à part le *Prostephanus truncatus* absent à Dandé. A ce

niveau, l'espèce la plus dominante est le *Prostephanus truncatus* dans la localité de Kourouma avec un taux de 50%.

Tableau 6: Diversification entomofaune identifié dans les sites d'étude

| Espèce | Famille | Koumbia | GombéléDougou | Dandé | Kourouma | N'dorola |
|---|----------------|---------|---------------|-------|----------|----------|
| <i>Tribolium castaneum</i> He | Tenebrionidés | * | * | * | * | * |
| <i>Tribolium confusum</i> J | Tenebrionidés | * | * | * | * | * |
| <i>Sitophilus zeamais</i> M | Dryophthoridés | * | * | * | * | * |
| <i>Callosobrucus maculatus</i> | Chrysomèle | * | * | | * | * |
| Fa | | | | | | |
| <i>Callosobrucus subinotatus</i> | Chrysomèle | * | | | | |
| <i>Rhyzopertha dominica</i> F | Bostrichidés | * | * | * | * | * |
| <i>Prostephanus truncatus</i> Ho | Bostrichidés | * | * | | | * |
| <i>Plodia interpunctuella</i> Hu | Pyralidae | * | * | * | * | * |
| <i>Richesse spécifique par localité</i> | | 8 | 7 | 5 | 6 | 7 |
| <i>Richesse spécifique totale</i> | | 8 | | | | |

Tableau 7: Valeur moyenne des espèces par site d'étude

| Ordre | Espèce | Koumbia | Gombeledougou | Dandé | Kourouma | N'dorola |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Coléoptères | <i>Tribolium castaneum</i> | 6,58 | 9,85 | 8,52 | 6,5 | 10,81 |
| | <i>Tribolium confusum</i> | 4,82 | 9,46 | 4,76 | 3,58 | 7,52 |
| | <i>Sitophilus zeamais</i> | 5,61 | 19,23 | 11,78 | 9,93 | 7,5 |
| | <i>Callosobrucus maculatus</i> | 67,71 | 20,84 | 0 | 1,5 | 4,83 |
| | <i>Callosobrucus subinotatus</i> | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Rhyzopertha dominica</i> | 12,25 | 7,7 | 2,26 | 15,66 | 4,22 |
| | Lépidoptères | <i>Plodia interpunctuella</i> | 1 | 7,54 | 9,47 | 11,92 |

1.3. Taux d'attaque des insectes aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage groupé

Les résultats de l'analyse des grains arrivés des structures de conservation de nos enquêtés montrent un accroissement des dégâts causés par les insectes en fonction des localités et du temps. La figure 8 résume ce taux en fonction des localités et des étapes de tamisages

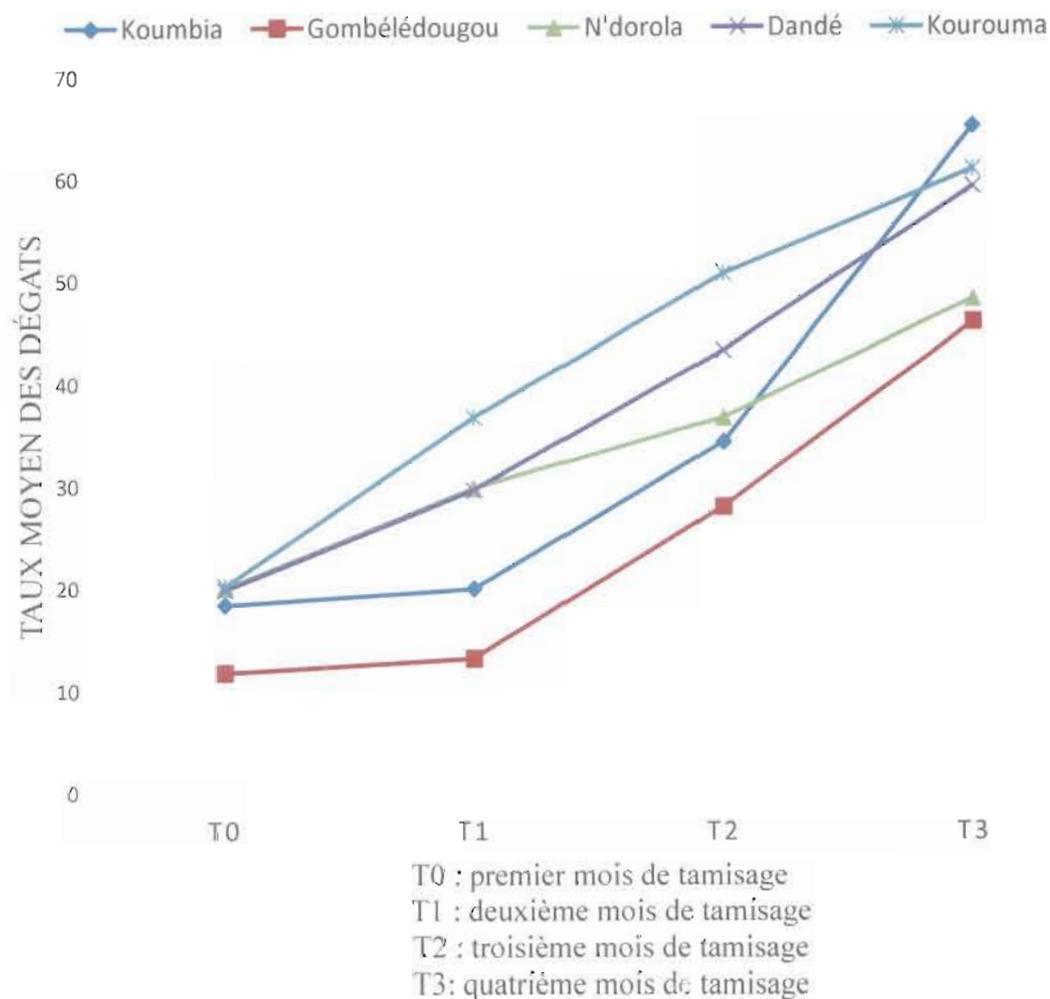


Figure 8: Courbe évolutive du taux moyen des dégâts sur les stocks

Koumbia est la localité où le taux moyen des dégâts évolue de 65% contre 60% pour la localité de Kourouma, 59% pour la localité de Dandé, 48% pour la localité de N'dorola et 45% pour la localité de Gombélé Dougou

Aussi les enquêtes auprès des producteurs des sites d'étude nous renseignent qu'après un telle attaque des stocks (voir photo 13) certains producteurs ont la possibilité de vendre et cela a des prix très bas. Mais au cas où le stock attaqué n'arrive pas à être vendu le stock est destiné à la consommation familiale. Dans ce cas, le maïs est écrasé pour enlever le son, cela réduit donc les attaques. Pour un stock vraiment réduit en farine (voir photo 12-B), il est soit jeté dans la nature soit destiné à la consommation du bétail.

D'après les producteurs, ce qui ressort de la finalité des stocks attaqués sont :

- réduction de la qualité du grain
- rendement impropre à la consommation

- perte de viabilité de semence
- Pertes commerciales

1.4. Taux d'attaque des insectes aux stocks de maïs en milieu contrôlé en stockage isolé

Les échantillons de maïs prélevés auprès des producteurs enquêtés contiennent des grains blancs et jaunes. En effet, vingt grains de maïs blanc apparemment sains et 40 grains de maïs jaune apparemment sains de chaque échantillon contenu dans des boîtes de pétrié sont mis en incubation. Ces grains apparemment sains subissent également des attaques.

On observe au niveau de chaque localité une évolution des attaques sur les grains apparemment sains en fonction du temps d'incubation (voir figure 9).

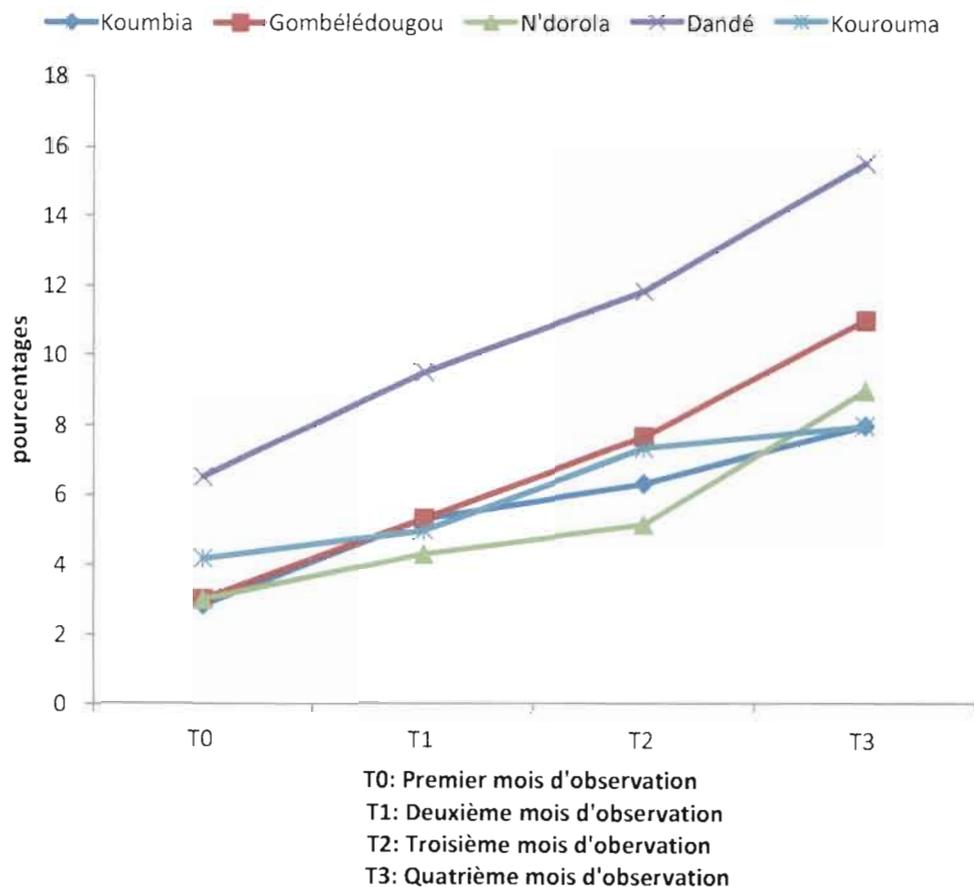


Figure 9: courbe d'évolution des attaques des grains apparemment sains

Dandé est la localité qui présente le plus d'attaque avec un taux d'environ 15% suivi de Gombélé Dougou (11%), N'dorola (9%), Koumbia et Kourouma (8%).

Etant donné que l'évolution des attaques est également fonction de la variété de la denrée, deux types de variétés ont été perçus auprès des enquêtés à savoir la variété blanche et la variété jaune. L'évolution des attaques en fonction de la variété est représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8: Comparaison des attaques entre le maïs blanc et le maïs jaune

| Grains blancs | Grains jaunes |
|---|---------------|
| 6,94 | 7,05 |
| P= 0,913 ESM (ddl : 27): 1,648 ET : 6,418 | |

L'ensemble des grains blancs enregistre un taux de 6,94% d'attaque contre 7,05% d'attaque pour les grains jaunes. Le tableau indique que les deux couleurs de maïs répondent de la même façon face aux attaques des insectes (P= 0,913).



A : grains Blanc

B : grains jaune

Cliché : Somda Bénédicte

Photo 11: Les variétés de maïs attaqués

II. Discussion

Les résultats de l'enquête révèlent un taux élevé des hommes enquêtés comparativement aux femmes qui sont négligeables. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les hommes en plus d'être chef de famille sont des chefs d'exploitation. Dans la plupart des sociétés africaines, l'accès à la terre favorise les hommes par rapport aux femmes. Ainsi, selon IIED (2003) le régime foncier ne favorise pas l'accès des femmes aux terres agricoles. Au niveau des sites d'étude que sont Koumbia, Gombeledougou, Dandé, Kourouma et N'dorola la plupart des producteurs enquêtés sont dans la tranche d'âge compris entre 31 et 60 ans suivi de ceux qui sont dans la tranche d'âge compris entre 1 et 30 ans. Cela montre que les travaux champêtres sont donc relégués aux jeunes et aux adultes. Comme l'a souligné Sanou (2009), le chômage et le faible niveau d'alphabétisation font que la majorité des producteurs de cette tranche d'âge se retournent à la terre pour satisfaire leurs besoins vitaux. Ces jeunes non instruits s'adonnent à une pratique culturelle traditionnelle, sans formation ni conseils adéquats. Dans ces sites très peu de producteurs ont la tranche d'âge comprise entre 61 et 90 ans. Cela est dû au fait que la tranche vieille ne sont plus disposé à travailler au champ. Ils sont plutôt attirés par la vie dans les cabarets et parfois aussi le commerce.

Pour ce qui concerne le niveau d'instruction, plus de la moitié des producteurs enquêtés sont instruits dans le site de Koumbia, Gombeledougou, Dandé et Kourouma. Cela veut dire que ces producteurs ont soit le niveau primaire, soit le niveau secondaire, soit ont au moins reçu une alphabétisation informelle. Cela est dû au fait que ces producteurs de ces localités bien qu'instruit s'adonnent aux travaux champêtres, cela facilite également les opérations de transfert des technologies. Une moyenne de 50% est instruite à N'dorola. Ce taux d'alphabétisé qui représente la moitié des enquêtés de la localité, avec des programmes de formation, comme l'a souligné (TOE, 2010), pourraient dans un premier temps s'adresser à ceux qui sont alphabétisés dans les deux langues (dioula, français) qui serviront par la suite de relais pour les autres non instruit, car cet analphabétisme aura un effet négatif sur les bonnes pratiques de conservation des céréales.

L'ensemble des enquêtés est affilié à un groupement villageois. Le groupement des producteurs donne l'avantage aux membres d'avoir des formations sur le renforcement des capacités de la part des structures étatiques et ONG. A travers ces groupements, ils peuvent avoir des aides pour l'écoulement de leur stock et beaucoup d'amélioration dans la conservation de leur production à travers le warrantage. Comme le confirme (Yameogo,

2013), il y avait en 2012 au Burkina Faso 8 293 producteurs appartenant à 133 organisations paysannes faisant du warrantage.

Pour ce qui est des cultures pratiquées par les producteurs, le coton et le maïs sont cultivés par la totalité des producteurs enquêtés (100%). Cela montre l'ampleur de la culture du coton et du maïs dans ces zones. D'une manière générale, dans les systèmes de culture, le maïs est cultivé après le coton et bénéficie ainsi des arrières effets de la culture cotonnière.

Pour conserver leur production, en les protégeant notamment contre la pluie, l'humidité du sol, les insectes, les autres animaux nuisibles et la chaleur excessive, différentes structures de conservation ont été utilisées. Ces structures sont fonction des besoins de stockage, mais aussi de la nature ou de l'importance de l'activité. Un petit exploitant se contentera de son grenier tandis qu'un grand producteur ou un groupement de producteurs aura forcément besoin d'un magasin d'une plus grande capacité. Les petits commerçants des zones rurales utilisent une partie de leurs habitations comme entrepôt, mais les grands commerçants urbains ont des magasins construits expressément pour la conservation des grains.

L'analyse des résultats montre une diversité de structure et de méthode de conservation des céréales post récolte. Selon (Multon, 1982) et (Chawla, 1984) le but des technologies de conservation est de préserver par tous les moyens appropriés les qualités des grains et graines pendant le stockage. Dans les trois (3) provinces on remarque que les types de structures et méthodes de conservation identifiés sont fonction de la durée de conservation, du niveau d'instruction ou de l'influence du groupement. De l'avis des producteurs, la durée moyenne de conservation du maïs est d'environ un (1) an pour l'ensemble des communes enquêtées. Pour ceux qui ont une bonne technique de conservation, ils peuvent aller jusqu'à 2ans de conservation voire 3ans. (CAHAGNIER et FLEURAT-LESSARD, 2015) affirment que pour une conservation de longue durée, il est donc nécessaire de respecter un certain nombre de règles concernant la température du grain et du local d'entreposage. De multiples exemples montrent que les pertes sont moindres dans les systèmes traditionnels que dans les structures modernes. Ainsi, le magasin est la structure de conservation qui est le plus utilisé pour une longue conservation du maïs. En effet, la conservation des grains de céréales dans les magasins assure généralement une bonne conservation de ces céréales d'autant plus qu'ils sont situés dans un milieu d'humidité faible. Près de 60% de producteurs à Koumbia conservent dans les magasins. Egalement dans cette structure de stockage le maïs est

majoritairement stocké sous forme de grains bien séchés. (Molinié et Pfohl-Leszkowicz, 2003) affirment qu'une bonne pratique de conservation consiste à contrôler trois principaux facteurs: la température, la teneur en eau du grain et la durée de stockage. Le contrôle de la température se fait par l'utilisation des systèmes de ventilation. L'idéale serait de stocker un grain de 12 à 13% d'humidité. Généralement dans les magasins les sacs de maïs ne sont pas déposés directement sur le sol. On dépose d'abord des briques qu'on couvre avec de la planche de bois. L'ensemble est aspergé avec de la poudre d'insecticide pour lutter contre les insectes avant de placer les sacs de maïs.

Quant aux greniers, compte tenu du fait qu'ils ne sont pas construits à même le sol, les producteurs estiment qu'ils sont un moyen efficace de protection de leur stock contre les animaux et les vents violents qui précèdent les pluies. Selon (WAONGO et al, 2013) ces pratiques sont sans doute en adéquation avec les moyens de lutte utilisés contre les déprédateurs, les matériaux de construction disponibles localement, le savoir-faire des artisans locaux et les conditions économiques des producteurs. Aussi, l'élévation de température défavorise le développement des microorganismes et des insectes, principaux responsables de la perte post récolte des céréales. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le maïs est majoritairement stocké avec la panicule. Selon (Cruz et al, 1988) ce mode de stockage peut permettre une meilleure conservation. Près de 30% de producteurs conservent dans le grenier à Dandé, Kourouma et N'dorola.

Comparativement aux maisons d'habitations qui sont des systèmes ouverts, elles sont plus exposées aux attaques des ravageurs. Son utilisation est courante à Koumbia et Gombeledougou avec un taux respectif de 55% et 45%. Dans cette structure, la conservation se fait soit sous forme de grain, soit avec la panicule dans des sacs.

Les données de l'enquête montrent que quelques producteurs des sites d'étude utilisent les produits chimiques comme produits de traitement contre les insectes ravageurs. L'utilisation d'insecticides chimiques de contact se développe de plus en plus, notamment en poudrage ou en pulvérisation. Au Burkina Faso, l'utilisation de ces produits est d'ailleurs de plus en plus fréquente en raison de l'importance de la production sans cesse croissante (Dabiré, 2001). Malheureusement, leur emploi est limité par de nombreuses contraintes (Egwuatu, 1987) qui sont : les risques pour la santé humaine et animale encourus lors de leur utilisation, les résidus laissés dans les denrées par les insecticides de contact, le risque d'apparition d'insectes résistants ou tolérants suite à une utilisation plus importante de ces

produits. Face aux problèmes engendrés par l'utilisation des produits chimiques, il devient nécessaire de trouver des alternatives moins onéreuses et moins toxiques. Parmi ces alternatives figurent l'ensoleillement, la matière inerte, les plantes répulsives.

Parmi les méthodes de conservation de nos enquêtés, l'exposition au soleil est la méthode la plus simple et la moins coûteuse. Selon (Kassemi, 2006) l'exposition des denrées au rayonnement solaire intense favorise le départ des insectes adultes qui ne supportent pas les fortes chaleurs, ni la lumière intense. Ce qui a pour effet de réduire les pontes sur les grains. Une fois le stock exposé au soleil, le producteur prend le soin de bien nettoyer l'intérieure de la structure. Le stock une fois ramené dans les structures de conservation peut faire au moins deux semaines tout au plus un mois pour être à nouveau étalé au soleil.

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. Les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs. Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille et la sensibilité peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre. (Dansou, 2011) lors de son étude sur l'évaluation des produits du neem sur les espèces post récolte affirme que différents produits du neem, *Azadirachta indica* sont testés pour leurs effets insecticides afin de dégager ceux qui paraissent plus efficaces pour le contrôle en milieu paysan du *Sitophilus zeamais* dans le maïs en stock. A cet effet, les amandes, les feuilles, les fleurs et l'écorce de l'arbre sous forme de poudre et d'extrait sont évaluées à titre préventif et curatif sur le maïs à raison de 2,5g de poudre ou 2ml d'extrait par 50g de grain infesté avec 20 insectes adultes. (Boeke et al. 2004) ont relevé une action répulsive et toxique de *Tephrosia vogelii* Hook f. sur *C. maculatus*, alors que *Blumea aurita* qui ne présente aucune toxicité, possède un fort pouvoir répulsif.

Les poudres à action abrasive à l'image de la cendre et du sable fin ont été traditionnellement utilisées dans la conservation des récoltes. Avec du maïs, (Akob et al. 2007) ont démontré l'efficacité au bout de six mois de cendres de feuilles d'*Eucalyptus grandis* sur *S. zeamais* à une dose de 20 g par 2 kg. Ces matériaux pulvérulents selon (Kassemi, 2011) remplissent les vides entre les grains et constituent une barrière à la progression des femelles cherchant à pondre. Ces matériaux fins auraient également un rôle abrasif sur les insectes et entraîneraient leur déshydratation.

Concernant la commercialisation du maïs stocké la quasi-totalité des producteurs enquêtés dans les différents sites vendent une partie de leur maïs pour subvenir aux besoins de

la famille. Si les agriculteurs ont un acheteur qui prend immédiatement leur récolte, ils n'auront pas besoin de stocker leurs céréales, mais si aucun acheteur ne se présente, ils seront obligés de les conserver dans un local en attendant de trouver un preneur. Par ailleurs, même s'ils ont un acheteur, les agriculteurs peuvent décider de conserver les céréales et de les vendre plus tard dans l'espoir d'un redressement des prix. Par conséquent, les exigences de stockage ont considérablement changé par rapport à la période du commerce d'État où l'on ne stockait que les quantités destinées à la famille et aux semis.

Le maïs est très attaqué par les insectes surtout pendant le stockage. L'analyse des enquêtes a relevé que les coléoptères et les lépidoptères sont les principaux ravageurs des grains de maïs durant la période de conservation. Selon les travaux de (Waongo *et al*, 2013), onze espèces ont été identifiées sur le maïs dont sept coléoptères et quatre lépidoptères considérés comme les plus nuisibles au maïs dans la zone sud soudanienne. Ces résultats montrent une diversité plus importante des insectes sur le maïs. Des observations similaires ont été effectuées par (Markham, 1981) dans les magasins de stockage au Nigeria. Cette diversité de prédateurs sur le maïs pourrait s'expliquer soit par la taille des grains, soit par la forme de stockage ou des propriétés intrinsèques du maïs propice au développement des ravageurs. Sur le maïs, on a une prédominance de quatre espèces *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum* et *Sitophilus zeamais*. Contrairement aux études menées par (Bosqueperez, 1992), nous n'avons pas observé *Prostephanus truncatus* dans le site de Dandé qui constitue le plus grand ravageur de maïs en Afrique (Holst *et al.*, 2000).

L'ensemble des insectes identifiés dans les échantillons incubés était des coléoptères et lépidoptères. Les Coléoptères des genres *Tribolium*, *Oryzaephilus*, *Callosobruchus*, les Lépidoptères tels que *Ephestia cautella*, les Acariens comme *Acarus siro*, manifestent une préférence pour le germe, ce qui entraîne une diminution de la faculté germinative. D'autres ravageurs, comme les charançons du genre *Sitophilus* ou les papillons *Sitotroga* sp. ne s'en prennent qu'à la partie amylacée du grain: celui-ci peut donc germer, mais la plantule n'aura pas assez de réserves pour se développer normalement. Le grain sain est d'abord attaqué par une première catégorie de ravageurs, dits «primaires», qui rongent les enveloppes externes, telles que les charançons, les Trogodermes, *Rhyzopertha*, *Sitotroga*, les bruches. Ces ravageurs primaires se développent et se reproduisent souvent très rapidement lorsque les conditions sont optimales. Leurs populations peuvent donc atteindre des densités très élevées et causer des dommages considérables en l'espace de seulement quelques mois.

Ensuite viennent les «ravageurs secondaires», dont les préférences alimentaires vont aux brisures et aux matières pulvérulentes résultant de la prise de nourriture des premiers. Lorsque le producteur ou le commerçant stocke ses produits dans son propre magasin, il devra l'aménager de manière non seulement à préserver les céréales de l'humidité, mais aussi à les mettre à l'abri des attaques des insectes et des rongeurs.

(CAHAGNIER et FLEURAT-LESSARD, 2015) expliquent que les caractères d'une variété sont essentiels dans la conservation du grain. L'exploitant qui utilise constamment ses propres semences ne peut qu'utiliser celles qui auront bien supporté le stockage..

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

L'objectif de l'étude était d'identifier les problèmes de conservation, d'inventorier les structures et méthodes de conservation et trouver des initiatives en matière de lutte contre les déprédateurs des stocks en vue de proposer aux producteurs des méthodes efficaces de conservation du maïs. Les résultats sur les types de structure de conservations montrent une préférence de structure en fonction des sites d'étude. A travers des analyses des échantillons de maïs au laboratoire, deux types d'insecte ont été identifiés, les coléoptères et les lépidoptères. Ces insectes ravageurs des grains se multiplient rapidement si les conditions des structures de stockages sont favorables à leur développement

La maïsiculture actuelle du Burkina Faso, bien que dominée par la production de type traditionnel, est en voie d'amélioration continue. On note en effet une utilisation accrue de structure de conservation améliorée et une relative bonne pratique de méthode de conservation conseillée par les structures de développement.

La commune rurale de Koumbia est l'une des communes visées par le projet CORAF dans l'amélioration de la conservation post récolte. Selon les études menées ultérieurement, cette commune autre fois utilisait des pratiques de conservation traditionnelle. Ce fort pourcentage d'utilisation des magasins dans ses dernières années pourrait s'expliquer par les sensibilisations et les investigations menées par ce dit projet dans l'amélioration des structures et méthodes de conservation.

Pour les communes rurales de Dandé et N'dorola et Kourouma non concernées par le projet, on assiste toujours à l'utilisation des techniques de conservations traditionnelles, mais pouvant aussi être améliorées par des techniques traditionnelles améliorées de stockage : le crib dans l'ouest du Burkina Faso, est utilisé pour le stockage du maïs qui peut y séjourner pendant 5 ou 6 mois sans courir de risque important. Les grands producteurs de maïs du Bénin utilisent eux aussi des cribs qui ont une capacité de 10 à 15 tonnes et dont le toit est en tôle.

Pour une bonne conservation de la qualité des grains, il serait judicieux que lorsqu'un producteur veut stocker sa production de maïs dans son propre magasin, il devra l'aménager de manière non seulement à préserver les céréales de l'humidité, mais aussi à les mettre à l'abri des attaques des insectes et des rongeurs. À cet effet, les mesures suivantes sont préconisées:

- installer des bouches d'aération sur les parois orientées vers l'est et l'ouest pour assurer une bonne ventilation;
- imperméabiliser soigneusement le toit et les murs (ces derniers devront être lisses);
- utiliser des palettes en bois pour y déposer les sacs;
- installer de fines moustiquaires à l'intérieur des fenêtres et des bouches d'aération et fixer des grillages métalliques à l'extérieur de ces ouvrages;
- réduire au minimum les recoins, les poutres et les colonnes.

Cependant, il est nécessaire aussi de proposer de nouvelles méthodes de conservation sans insecticide à l'aide des sacs PICS proposé par l'INERA en collaboration avec l'université de Perdue sur le stockage amélioré du niébé. Ce même type de sac pourrait être utilisé pour le stockage du maïs.

Etant donné que les producteurs des sites d'étude sont organisés en groupement, une méthode peut être utilisée pour les aider à conserver leur production : le warrantage qui est un système qui fait intervenir le producteur, l'entrepouseur et l'émetteur des prix. Le warrantage garantit la conservation des récoltes dans de bonnes conditions jusqu'à la période de soudure et permet en même temps l'accès de la population paysanne au crédit

Ainsi donc si toutes ces mesures sont réunies et que la meilleure méthode de conservation est adoptée, il n'y aura certainement pas de problèmes lors de la production du maïs y compris la conservation post récolte du maïs.

Références bibliographiques

AKOB C.A. & Ewete F.K., 2007. The efficacy of ashes of four locally used plant materials against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Cameroon. *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 27(1), 21-26.

ALBERT B., 1992. Moyens et méthodes traditionnels de protection des stocks. GTZ.

ALZOUMA I., 2001. Systèmes traditionnels de stockage et conservation des denrées alimentaires en Afrique. In : la lutte contre les déprédateurs des denrées stockées par les agriculteurs en Afrique. Actes Premier coll. Int. Res. Afric. Rech. sur les Bruches, Lomé (TOGO) du 10 au 14 février 1997, p.58-72.

APPERT J., 1985 a. Stockage des produits vivriers et semenciers Tome 1: Dégâts, pertes et moyens de stockage. Editions Maisonneuve et Larousse, Paris, France. 225 p.

APPERT J., 1985 b. Stockage des produits vivriers et semenciers Tome 2: Lutte contre les ravageurs, hygiène de stockage. Editions Maisonneuve et Larousse, Paris, France. 225 p.

BELÉM I., 1985 Coton et systèmes de production dans l'ouest du Burkina Faso. Thèse, université Paul Valéry, Montpellier III, France, 344 p.

BELYAGOUBI L., 2005, Effet de quelque essence végétale sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales. Mémoire Université Abou Bekr Belkaid, République Algérienne Démocratique et populaire, 110 page.

BEZANÇON B., RENNO J.F. et KUMAR K.A., 1985. Le mil. In : Cultures vivrières tropicales avec références au Cameroun. E. Westphale *et al.*, PUDOC Wageningen (Pays Bas), ISBN 90-220-0845-2, pp.524.

BILIWA, A. et RICHTER, J., 1990. Efficacité d'insecticides binaires en poudre sur du maïs égrené stocké en sacs, pp. 1577- 1585. In Fleurat-Lessard, F. & Ducom, P. [eds.]: Proceedings 5th International Working Conference on Stored -Product Protection. Bordeaux, France.

BOEKE S.J. *et al.*, 2004. Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculatus*. *J. Stored Prod. Res.*, 40, 423-438.

BOSQUE-PEREZ N. A., 1992. Insectes nuisibles du maïs entreposé : biologie et méthodes de lutte. Guide de recherche de l'IITA No. 30 Programme de la formation, Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigéria. 32 p.

BRUNKEN J.N., 1977. A systematic study of Pennisetum sect. Pennisetum (Gramineae), Am. J. Bot. 64: (2): 161-176.

CHANTERAU J. et Nicou R., 1991. Le sorgho. Paris, France, éditions Maisonneuve et Larousse, 225 p.

CHANTEREAU J., HEKIMIAN C.L., MARCHAND J.L., OUENDEBA B., 2002. Les céréales. In : Mémento de l'agronome. CIRAD-GRET, ISBN: 2-86844-129-7 et 2-87614-522-7 pp. 777-829.

CHATELIN E., 1989. Enquête systèmes de cultures dans la zone ouest. CRPA des hauts-bassins. Synthèse 1989. (Document multigraphié).

CHAWLA. K. 1984. Management of cereal cerain in storage. AGRI-FACTS-Patical information for Alberto S. Agriculture Industry Agdex 736. 13pp. 1-5.

CRUZ J.F., TROUDE F., GRIFFON D., HEBERT J.P., 1988. Conservation des graines en régions chaudes. 2 éd. Coll. Minist. Fr coop et Dév. <<Techniques rurales en Afrique>>, CEEMAT/CIRAD, Montpellier, 545 p.

DABIRE C., 1992. Les méthodes traditionnelles de protection des stocks de niébé au Burkina Faso. Sahel PV-Info, 42: 7-13.

DELOBEL A. & Tran M., 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Paris, France, éditions ORSTOM. 425 p.

DGSPA (Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles), 2008. Rapport sur les résultats de la campagne agricole 2007/2008.

ELIA S. G. & ISABEL S. S., 2015. Warrantage paysan au Burkina Faso: Accès au crédit par le biais des stocks de proximité, 61P.

ESCALANTE-TEN HOOPEN M. ET MAÏGA A., 2012. Production et transformation du maïs, 7 : 32p

FAO et ICRISAT, 1997. L'économie mondiale du sorgho et du mil : Faits, Tendances et Perspectives. FAO, Rome, Italie, ISBN 92-5-203861-2, 66 p.

FAO et INPhO, 1993. Le maïs dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition NO25. FAO, Rome, Italie, ISBN 92-5-203013-1.

FAO, 1995. Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition, NO 27. FAO, Rome, Italie.

FAO, 2007. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Collection FAO: Agriculture NO38, FAO, Rome, Italie. ISBN 978-92-5-205750-5.

FAO, 2015. Le stockage à plat des céréales pour une durée indéterminée (GLCG)

FAO, Techniques de commercialisation de céréales à l'usage des vulgarisateurs

FAVIER J. C., 1989. Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations. In : Céréales des Régions Chaudes : Conservation et transformation. Edité par Michel Parmentier et Kouakou Fouad-bi. AUPELF-UREF. Ads John LibbeyEurotext, Paris. Pp. 97-104.

FOFANA, A., MBAYE, D.F., 1990. In: Production du mil au Sénégal: contraintes et perspectives de recherches. ISRA-Direction des Recherches sur les Cultures et Systèmes Pluviaux, Dakar, p. 7.

FOUA-BI K., 1989. Céréales des régions chaudes : Conservation et transformation. Edité par Michel Parmentier et Kouakou Fouad-bi. AUPELF-UREF. Ads John LibbeyEurotext, Paris. Pp. 97-104.

GABY-STOLL, 1988. Protection naturelle des végétaux en zones tropicales. CTA-AGRECOL, Edition Joseph Margraf, ISBN, 3 8236-1114-3, 89 p.

GENEST C., TRAORE A. & BAMBA P., 1990. Guide pratique de: protection des grains entreposés. Coop. CANADO-BURKINABE .MAE. ACDI, 105p.

GNANOU F., 2006. Etude de la technologie de transformation et de la qualité nutritionnelle de quelques aliments à base de variétés de mil cultivé au Burkina Faso. Mémoire de maîtrise des Sciences et Techniques. Université de Ouagadougou. pp. 70.

GOODMAN M. M. & BIRD R. Mick, 1977. The races of maize: IV Tentative grouping of 219 Latin American races. *Econ. Bot.*, 31, 204-221.

GUÈYE M. T., DOGO S., WATHELET J.P. & Lognay G., 2010. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: synthèse bibliographique N°1

GWINNER J., HARNISH R. & MÜCK O., 1991. Manuel sur la conservation des grains après la récolte. Eschborn, Allemagne, GTZ, 388 p.

HOLST N., MEIKLE W.G. & MARKHAM R.H., 2000. Grain injury models for *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in rural maize stores in West Africa. *J. Econ. Entomol.*, 93(4), 1338-1346.

IIED (2003). Sécuriser les transactions foncières dans l'ouest du Burkina Faso. Dossier n°117. GRET IRD 36p.

ILO-WEP, 1986. Le Stockage du Grain. Edité par BIT et ONUDI, ISBN 92-2-205415-6 140 p.

INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie), 2004. Résultats définitifs de la campagne agricole 2003-2004/MAHR/SG/DGPSA/DSA, pp. 75.

ISHWAR S.K., CHANDGI R. & ASHOK K.C., 1990. Pearl millet seed production and technology. Department of Plant breeding. Haryana Agricultural University Hisar Manochar, ISBN 81-854-25-08-6, 224 p.

JAUHAR P.P., 1981. Cytogenetics and breeding of Pearl Millet and related species. Progress and tropics in cytogenetics. Editor Sandberg, Alan Liss, New York, 289 p.

JOOD S. & KAPOOR, A.C., 1992. Effect of storage and insect infestation on protein and starch digestibility of cereal grains. *Food Chemistry* 44, 209-212.

JOOD, S., KAPOOR, A.C. & Singh, R., 1996. Effects of insect infestation and storage on lipids of cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, 1502-1506.

JOOD, S., KAPOOR, A.C. & Singh R., 1993. Available carbohydrates of cereal grains as affected by storage and insect infestation. *Plant Foods for Human Nutrition* 43, 45-54.

KLING J. G., 1991. Morphologie et développement du maïs. Guide de phytotechnie de l'IITA NO. 1. Programme de la formation, Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigéria. 25 p.

KODIO O., 1989. Structures paysannes de stockage, dans « céréales en régions chaudes : conservation et transformation » Actes Coll. Int. De Tech, N'Gaoundéré (Cameroun) 22-26 février 1988, p.19-25.

LENDRES P., 1992. Pratiques paysannes et utilisation des intrants en culture cotonnière au Burkina Faso. Mémoire DIAT, CNEARC, Montpellier, France, 82 p. + annexes.

LUCAS (de) Y., 1980. Les aléas post-cultureux, dans «conservations des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide. Acte Colloque International de Technologie, Yaoundé (Cameroun) du 5-10 Novembre 1979, p 19-25.

MARKHAM RH. 1981. The ecology of insect pest populations in maize storage cribs in Nigeria. Ph.D. dissertation, University of London, UK, 326p.

MEMENTO de l'agronome, 1991. Les cultures spéciales : plantes amylacées.4e Ed. Techniques rurales en Afrique. Ministère de la coopération et du développement de la République Française. ISBN 2-11-086725-6. P. 641-730.

MILLOGO G., 2010. Création et évaluation d'hybrides et de matériels introduits performants en vue d'une intensification de la culture du maïs au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso,62p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE, 1990. journées de programmation de la campagne agricole 1990-1991. Dédargou, Burkina Faso, 144 p.

MOLINIE A. et PFOHL-LESZKOWICZ A. 2003. Les mycotoxines dans les cereales : les points importants de contrôle de la production au stockage, le devenir dans les produits dérivés- laboratoire de toxicologie et sécurité alimentaire- Auzeville Tolosona. Note de l'ASEDIS-SO N° special mycotoxines (2003), 9pages.

MULTON J.L. 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Cereales,

NACRO M.& MILLOGO rasolodimbi, 1993. Plantes tinctoriales et plantes à tanins du Burkina Faso. Ed. Scientifica, Amiens. 86 p.

NDIAYE D. S. B. Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux Ed. Coopérative Autrichienne, 61p.

N'DOYE M. & RUPARO G., 1987. Les insectes ravageurs du mil en Afrique de l'ouest et les moyens de lutte. Proceedings International Pearl millet Workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center. Indiapp 183-194.

N'DOYE M., CARSON A., SELVERAS C. J., MBAYE D. F. & DIALLO S., 1986. Le problème phytosanitaire du mil dans le sahel. Compte rendu du séminaire international du projet CILSS de lutte intégrée. Niamey (Niger) 6-13 Décembre 1984 pp 79-94.

NEETHIRAJAN S., KARUNAKARAN C., JAYAS D. S. & WHITE N. D. G., 2007. Detection techniques for stored-product insects in grain. Food Control. 18: 157-162.

NIANGADO O. & OUENDEBa G., 1987. Amélioration variétale du mil en Afrique de l'ouest. Pracedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986. ICRISAT Center, Indiapp 83-94.

NYABYENDA Pierre, 1995. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude. Les presses agronomiques de gembloux. Belgique, ISBN 2-87016-072-0. P. 145-168.

Oleagineux, proteagineux, aliments pour animaux. Technique et documentation , Lavoisier Paris Apria. Volume 15, 76 pages

RAJENDRAN S. 2002. Postharvest pest losses. In Encyclopedia of Pest Management, Pimentel D (ed). Marcel Dekker, Inc: New York ; 654–656.

RAVOLOLONANDRIANINA J. E.& RABEATOANDRO G. J., 1996. Les locaux et récipients de stockage traditionnels en Afrique et à Madagascar. In : Protection des denrées stockées à Madagascar. Symposium, Tolaria (Madagascar), 7 au 11 Octobre 1996, p.

ROUANET G.,1984.Le maïs. Paris, France, éditions Maisonneuve et Larousse, 225 p.

SAINT-CLAIR P. M., 1989. Les cultures importantes de l'espace tropical. Tome II : Les cultures vivrières. Quebec, Canada, les entreprises Papyrus, p.1-60.

SANOUE J., 1989. Etat de la production du maïs au Burkina Faso. Recommandations de la recherche agricole.

SANOUE J., 1991 a. Rapport national du Burkina Faso sur l'amélioration variétale du maïs. Atelier conjoint des réseaux maïs-sorgho et niébé, Niamey, 18 p.

SANOUE J., 1991b. Guide d'utilisation des variétés améliorées de maïs de VINERA. Ille comité technique zone ouest du programme SOMIMA, Bobo-Dioulasso, 11 P.

SAUVAIRE D, SANOUE J., 1986. Variétés de maïs recommandées au Burkina Faso.

SCHMUTTERER H. & ASCHER K. R. S., 1987. Natural Pesticides from neem tree and other tropical plants - Proceeding of the third International neem Conference, Nairobi (Kenya) 10 - 15 July, 1986 - Eschborn, GTZ, 701 p.

SCHMUTTERER H., 1987. Introduction to the third international neem conference Proc. Third Int. neem Conf. Nairobi (Kenya), 1986/15,17.

SECK, D., 1991. Observations préliminaires sur les fluctuations saisonnières des populations d'insectes ravageurs du mil stocké en grenier traditionnel au Sénégal. *Tropicultura* 9, 92-94.

SIBAND P., WEY J., 1989. Document de synthèse sur le programme de recherche Agronomie du maïs de Farako-Ba (comm. pers.)

SOW F. (1992). Femmes et tenure foncière au Sénégal rapport d'étude, Université Cheik Anta Diop, Senegal; 66p

SPENCER D. S. & SIVAKUMAR M. V. K., 1987. Pearl Millet in Africa agriculture, Proceedings International Pearl millet Workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center. Indiapp 43-62.

STAPF O. & HUBBARD C.E., 1934. Pennisetum. In: the flora of tropical Africa (Prain D. ed.), Vol. 9, Part. 6, London, pp. 954-1070.

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

TOE M. A. (2010). Etude pilote des intoxications dues aux pesticides agricoles au Burkina Faso, Rapport d'étude de la FAO 94p.

TOEWS, M., D., CUPERUS, G.W., PHILLIPS, T., 2000. Susceptibility of eight US wheat cultivars to infestation by *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Environmental Entomology* 29, 250-255.

TRAORE S., OUEDRAOGO I. et BAMA B. H., 1996. Importance de *Prostephanustruncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae) et des autres insectes des stocks de maïs dans les entrepôts céréaliers du Burkina Faso. In La lutte intégrée contre les insectes nuisibles au maïs dans les greniers ruraux, avec une référence particulière au grand capucin du maïs, *Prostephanustruncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae), et l'avenir du secteur post-récolte en Afrique subsaharienne. Edité par Borgemeister C., Bell C. et Zweigert M. Compte rendu d'une réunion, Cotonou (Bénin), du 13 au 15 Octobre 1997.

WEIDNER H. & Rack G., 1984. Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds. Eschborn, Allemagne, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 157 p.

WEY J., 1992. Rapport de synthèse programme agronomie maïs. Campagne 1991

Annexes

Annexe 1: Questionnaire d'enquête sur la conservation post-récolte des denrées

| QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE SUR LA CONSERVATION POST-RECOLTE DES DENREES | |
|--|--|
| Date de l'enquête | |
| Nom de l'enquêteur | |
| Zone agro-climatique* | |
| Village | |

I. Identification de l'enquête :

Nom et Prénoms : _____ Sexe : _____ ; Age : _____

Chef de famille : ___ ; Niveau d'études : néant ___ ; primaire ___ ; secondaire ___ autre (préciser) _____

II. Structures de conservation

| Grains, graines et gousses | Vrac | | | Sac | | | Structure la plus efficace |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|---------|----------|-------------------|----------------------------|
| | Dispositif hermétique | Dispositif non hermétique | Autres (préciser) | Magasin | Entrepôt | Autres (préciser) | |
| Maïs | | | | | | | |
| Niébé | | | | | | | |
| Vouandzou | | | | | | | |
| Mucuna | | | | | | | |
| Pois d'angole | | | | | | | |

III. Méthodes de conservation

| Grains, graines, gousses | Enfumage | Matière inerte | Plantes répulsives | Exposition au soleil | huiles végétales | Produits chimiques (préciser) | Méthode plus efficace |
|--------------------------|----------|----------------|--------------------|----------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Maïs | | | | | | | |
| Niébé | | | | | | | |
| Vouandzou | | | | | | | |
| Mucuna | | | | | | | |
| Pois d'angole | | | | | | | |

IV. Données concernant la vente

| Vente de la production | Période | Raison | Prix | Bénéfice | Perte |
|------------------------|---------|--------|------|----------|-------|
| Maïs | | | | | |
| Niébé | | | | | |
| Vouandzou | | | | | |
| Mucuna | | | | | |
| Pois d'angole | | | | | |

V. Données concernant les ravageurs

| Production stockée | Principaux ravageurs par ordre d'importance | Durée de conservation | Nature des pertes | Types de pertes |
|--------------------|---|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Maïs | | | | |
| Niébé | | | | |
| Vouandzou | | | | |
| Mucuna | | | | |
| Pois d'angole | | | | |

1.) Code nature des pertes

2.) Code Types de pertes

- 1.1) Grains brisés ou endommagés
- 1.2) Infestation par les insectes
- 1.3) Diminution de qualité nutritionnelles
- 1.4) Baisse de faculté germinative de
semence
- 1.5) Autres (préciser)
- 2.6) Autres (préciser)

- 2.1) Pertes de poids
- 2.2) Pertes de qualité
- 2.3) Pertes nutritionnelles
- 2.4) Perte de viabilité de
semences
- 2.5) Pertes commerciales

Annexe 2: Suivi complet des traitements des grains de céréales avant la conservation

Nom..... prénom(s).....

Après récolte, séchez-vous le maïs avant conservation ?

.....
.....

Sous quel forme votre maïs est séché? (égrainé ou avec panicule)

.....
.....

Combien de temps dur le séchage ?

.....
.....

Le maïs blanc et jaune sont-ils mélangés ensemble ou sont-ils séparés pendant le séchage ?

.....
.....

Votre maïs est-il égrainé avant conservation ou conservé avec la panicule ?

.....
.....

Dans quels matériels le maïs est mis pour être conservé(sac, bidon, barrique)

Quels types de traitement réalisez-vous avant conservation ?

Pour maïs jaune ?

.....
.....

Pour maïs blanc ?

.....
.....

Selon vous, lequel de ces deux(2) types de maïs se conserve mieux ?

.....
.....

Sous quel forme votre maïs est conservé? (égrainé ou avec panicule)

.....
.....

Combien de temps traitez-vous le maïs avant sa conservation ?

Si égrainé ?.....

Si en panicule ?.....

Après traitement combien de temps mettez-vous pour la mise en conservation ?

.....
.....

Combien de temps dure cette conservation ?

.....
.....

Quelles variétés de maïs cultivez-vous ? (locales ou améliorées)

.....
.....

Quelles sont selon vous les variétés qui se conservent mieux ?

.....
.....

Quels moyens de transport utilisez-vous pour le transport des récoltes du champ vers le lieu de conservation ?

Le maïs destiné à la consommation est-il traité avant conservation ?

.....
.....

Si traité, combien de temps après est-il consommable selon vous ?

.....
.....

Comment opérez-vous pour éliminer le produit dans le maïs avant consommation ?

.....
.....

Quels types de ravageurs rencontrez-vous habituellement dans vos produits ?

.....
.....

Quels sont les plus dévastateurs ?.....

Comment vous luttez contre ces parasites ?.....