



*République du Bénin*

\*\*\*\*\*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

\*\*\*\*\*

*Université Polytechnique Internationale Dr. OBIANG NGUEMA MBASOGO  
(UPI-ONM)*

\*\*\*\*\*

*École Supérieure d'Agronomie (ESA)*

\*\*\*\*\*

**MEMOIRE DE FIN DE FORMATION**

**Pour l'obtention du Diplôme de Technicien Supérieur en Sciences et Techniques Agricoles**

*THEME*

*Étude comparative des techniques traditionnelles de  
conservation des graines de lentille de terre au Bénin*

Rédigé par :

**MALIK Manaf & KINGNINDE Falone**

Maître de stage:

**Mr. Hospice S. SOSSOU (MPhil)**

Sous la supervision de :

**Dr. Eric Etchikinto AGOYI**

**Composition du jury :**

**Président : Dr. Eric Etchikinto AGOYI**

**Rapporteur : Mme AGOUMBA Marie Chantale**

**Examineur : Dr. Espéranos De SOUZA**

**Année Académique : 2018-2019**

## TABLE DES MATIERES

<i>AVERTISSEMENT</i> .....	<i>iii</i>
<i>CERTIFICATION</i> .....	<i>iii</i>
<i>DEDICACE 1</i> .....	<i>iv</i>
<i>DEDICACE 2</i> .....	<i>v</i>
<i>REMERCIEMENTS</i> .....	<i>viii</i>
<i>LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES</i> .....	<i>ix</i>
<i>LISTE DES TABLEAUX</i> .....	<i>ix</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i> .....	<i>ix</i>
<i>RESUME</i> .....	<i>x</i>
<i>CHAPTIRE I : INTRODUCTION</i> .....	<i>1</i>
1.1. Contexte :.....	1
1.2. Problématique et justification.....	1
1.3. Objectifs de l'étude.....	3
Objectif général :.....	3
Objectifs spécifiques :.....	3
1.4. Hypothèses de recherche :.....	3
<i>CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE</i> .....	<i>4</i>
2.1. Généralités sur la lentille de terre :.....	4
2.1.1. Origine et distribution géographique :.....	4
2.1.2. Taxonomie :.....	4
2.1.3. Écologie :.....	4
2.2. Importance de la lentille de terre :.....	5
2.2.1. Importance alimentaire :.....	5
2.2.2. Importance agronomique :.....	7
2.2.3. Importance économique :.....	7
2.3. Maladies, pestes de la lentille de terre et ennemis des stocks :.....	8
2.4. Définition de quelques concepts :.....	10
2.4.1. Le système post-récolte :.....	10
2.4.2. La récolte :.....	11
2.4.3. Le séchage :.....	11
2.4.4. Le stockage :.....	11

2.4.5. Le conditionnement :	11
2.4.6. La conservation :	12
2.5. Techniques de conservation des graines :	12
<i>CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES</i> .....	<i>14</i>
2.1. Cadre d'étude :	14
2.2. Matériels :	14
2.2.1. Matériel végétal :	14
2.2.2. Matériels organiques et minérales .....	14
2.2.3. Matériels techniques :	14
2.3. Méthodologie de recherche :	15
2.3.1. Conception expérimentale :	15
2.3.2. Préparation des échantillons :	18
Collecte des données :	18
Analyse des données :	19
<i>CHAPITRE IV : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS</i> .....	<i>20</i>
4.1. Résultats :	20
4.1.1. Teneur en eau des graines :	20
4.1.2. Évaluation de moisissures et d'œufs :	21
4.2. Discussions :	24
<i>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i> : .....	<i>25</i>

## AVERTISSEMENT

L'université polytechnique internationale Dr OBIANG NGUEMA MBASOGO (UPI-ONM) n'entend donner ni approbation ni improbation aux opinions émises dans ce travail. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

## CERTIFICATION

Je certifie que ce travail a été effectué sous ma supervision par MALIK Manaf & KINGNINDE Falone, étudiants inscrits en Licence professionnelle à l'École Supérieure d'Agronomie (ESA), Université Polytechnique Internationale Dr. Obiang Nguema Mbasogo (UPI-ONM).

Le superviseur

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Eric Etchikinto AGOYI', written over a light blue grid background.

Dr. Eric Etchikinto AGOYI

## **DEDICACE 1**

A Dieu le Tout Puissant et à mon cher frère MALIK Masmoud ; ma source d'inspiration.

Merci Seigneur pour ta miséricorde.

MALIK Manaf

## **DEDICACE 2**

À mon papa chéri Eric KINGNINDE et à ma tante bien aimée Jeanne OKE ; trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.

KINGNINDE Falone

## **IN MEMORIAM 1**

A mes chers parents, MALIK Ismael et ONIFADE Moutiatou.

Recevez depuis l'au delà les fruits de vos labeurs.

MALIK Manaf

## **IN MEMORIAM 2**

A ma maman chérie Anne-Marie AHONONGA, si près si loin de toi merci pour tout ce que tu fis pour moi.

KINGNINDE Falone

## REMERCIEMENTS

Le présent mémoire est le résultat d'un long processus éducatif et la conjugaison de multiples efforts et sacrifices consentis par plusieurs personnes pour qui nous exprimons ici notre profonde gratitude. Nous remercions sincèrement :

A RUFORUM et au Projet Doyiwé pour leurs soutiens

- ✓ Dieu l'éternel des armées sans qui nous ne pourrions rien faire ;
- ✓ Professeur Valère KAKAI GLELE, Président de l'Université Polytechnique Internationale OBIANG NGUEMA MBASOGO (UPI-ONM), pour ses œuvres sociales qu'il ne cesse d'accorder à la jeunesse béninoise ;
- ✓ Prof. Dr. Ir. Romain KAKAI GLELE, Recteur de l'UPI-ONM ;
- ✓ Prof. Dr. Ir. Achille Ephrem ASSOGBADJO, Directeur de l'École Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'UPI-ONM ;
- ✓ Msc. Ir. Jean Fabrice de SOUZA, Coordonnateur des activités pédagogiques de l'École Supérieure d'Agronomie (ESA)/l'UPI-ONM, pour son amour et son dynamisme pour la bonne réussite de notre formation en agronomie ;
- ✓ tout le personnel administratif et le corps professoral de l'UPI-ONM ;
- ✓ Dr. AGOYI Etchikinto Eric, notre encadreur qui a sacrifié de son temps pour la bonne réalisation de ce travail, malgré ses diverses occupations ;
- ✓ tous les membres du jury, qui ont pu accepter consacrer leur temps pour évaluer la justesse de ce travail ; recevez nos vives gratitudees ;
- ✓ Mr Hospice Samson Sossou (MPhil), notre maître de stage qui malgré un emploi du temps très chargé a pu sacrifier de son temps pour la concrétisation de ce mémoire ;
- ✓ toute l'équipe de l'unité NTFPs & Orphan Crop Species du Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Dr AGBAHOUNGBA Symphorien et les doctorants Konoutan Médard KAFOUTCHONI, Msc Dieudonné Kpoviéssi , Msc Arnaud Djanta et MSc SODEDJI Ariel Fréjus, leurs conseils et appuis techniques ont été déterminants à la réalisation de ce travail ;
- ✓ tous les parents, ami(e)s qui nous ont soutenu du début jusqu'à la fin de notre formation ;
- ✓ nos aînés Sergino AYI, Aimé KETEKLE et surtout Albéric ALLAGBE pour leurs aides et soutiens;

- ✓ tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail ; nous ne saurions tous les citer.

## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

### LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Principaux ennemis et conséquences sur les stocks .....	9
<b>Tableau 2</b> : Exemples de plantes qui permettent de protéger les graines stockées .....	13
<b>Tableau 3</b> : Unités expérimentales.....	16
<b>Tableau 4</b> : État des graines issues de structure de stockage hermétique.....	21
<b>Tableau 5</b> : État des graines issues de structure de stockage non-hermétique .....	22
<b>Tableau 6</b> : Population d'insectes vivants/morts dans les structures hermétiques .....	22
<b>Tableau 7</b> : Population d'insectes vivants/morts dans les structures non-hermétiques.....	23
<b>Tableau 8</b> : Proportion de graines utilisables issues des structures de stockage hermétiques.....	23
<b>Tableau 9</b> : Proportion de graines utilisables issues des structures de stockage non-hermétiques	24

### LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Adulte de la forme voilière de <i>Callosobruchus maculatus</i> .....	10
<b>Figure 2</b> : Lentille de terre stockée en bouteilles plastique et en sac de jute .....	15
<b>Figure 3</b> : Échantillons de bruche pour infestation .....	17
<b>Figure 4</b> : Variation de la teneur en eau des graines au cours de l'expérimentation .....	20

## RESUME

Les producteurs des cultures vivrières en général et celles des légumes secs en particulier utilisent des méthodes endogènes de lutte contre les insectes ravageurs (les bruches notamment), malheureusement ces dernières sont mal connues et peu documentées. La présente étude vise à évaluer l'efficacité de ces techniques traditionnelles de conservation des graines de lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*) au Bénin. Pour ce faire un dispositif de bloc complètement aléatoire a été utilisé dans un milieu à température ambiante (25° C). Les données collectées ont été encodées avec le tableur Excel et analysées. Il ressort que les graines bien séchées et stockées dans un milieu hermétiquement fermé sont moins sujettes aux attaques de bruches que celles stockées dans une structure non-hermétique à l'air et que dans ces conditions, l'ajout d'un composé local comme le piment, la cendre de bois, les zestes d'orange ou le sable ralentirait la prolifération des insectes ravageurs puisque ces derniers remplissent les interstices entre les graines et étouffent les insectes (bruches). Il est donc recommandé de stocker ses produits dans un milieu étanche à l'air.

Mots clés : lentille de terre, bruches, stockage, conservation.

## **ABSTRACT**

The producers of food crops in general and pulses in particular use endogenous methods of fight against insect pests, unfortunately the latter are poorly known and poorly documented. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of traditional techniques for the conservation of lentil seed (*Macrotyloma geocarpum*) in Benin. Experiment was laid in a completely randomized design in room with ambient temperature (25 ° C). Data were encoded with the Excel spreadsheet and analyzed. It was found that well dried seeds stored in a hermetically closed environment are less prone to bruchid attack than those stored in a non airtight device. Besides, adding chilli, ashes of woods, zests of orange or the sand would slow down the proliferation of insect pests. It is therefore recommended to store Kersting's groundnut seeds in airtight environments.

Keys words: Kersting's groundnut, bruchid, storage, conservation

## CHAPTIRE I : INTRODUCTION

### 1.1. Contexte :

A l'instar des pays en voie de développement, l'économie béninoise repose sur l'agriculture (Kouelo *et al.*, 2012). L'agriculture occupe plus de 70 % de la population active, contribue à 40 % du produit intérieur brut et rapporte plus de 90 % des recettes d'exportations (Acclassato, 2013). Au Bénin, les principales productions relèvent des céréales, des cultures de rente, des légumineuses contribuant pour 84 % à la formation de la valeur ajoutée de la production agricole contre 8 % pour la production animale (MAEP, 2014). Néanmoins la sécurité alimentaire est loin d'être satisfaite. Le stockage et la conservation des produits agricoles comme les céréales et les légumineuses demeurent les seules conditions assurant la disponibilité quasi permanente des denrées alimentaires (Worou *et al.*, 2016). La pénurie alimentaire n'a pas pour unique cause l'insuffisance de la production, les pertes post-récoltes y participent pour une part non négligeable (Sall, 1997). En Afrique subsaharienne, les pertes post-récoltes des denrées agricoles ont été estimées à environ 5 à 18% (Aphlis, 2015).

La recherche agronomique est généralement basée sur un petit nombre de cultures dites majeures (riz, blé, maïs, manioc, igname) qui constituent de plus en plus la base de la sécurité alimentaire mondiale. Nombre d'espèces négligées ou sous utilisées localement produites contribuent à la sécurité alimentaire et à l'amélioration de l'état nutritionnel des populations du Bénin. C'est le cas de la lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Marechal & Baudet] (leguminosales : fabaceae) qui est une légumineuse à graine envers laquelle nos populations ont un attrait considérable. Cependant, elle est en voie de disparition dont le prix sur le marché est très élevé par rapport aux autres légumineuses à graines car son rendement est très faible (500 kg/ha en moyenne), son aptitude au stockage est médiocre (Borus et Bosh, 2007) et sa culture nécessite une quantité importante de travail du sol (Kouelo *et al.*, 2012).

### 1.2. Problématique et justification

Pour promouvoir le développement et assurer la sécurité alimentaire au Bénin, la maîtrise des différentes composantes du système agricole est une nécessité absolue (Gbeho, 2015). Le stockage des graines en est une composante fondamentale et répond à trois ordres de préoccupation, soit pour constituer une réserve de nourriture, soit pour faire le commerce, soit pour garder les semences pour la campagne (Hall, 1971). De bonnes méthodes de stockage combinées à une bonne hygiène,

à un séchage adéquat et à toutes les autres mesures de sécurité ne suffisent pas toujours à prévenir efficacement les pertes au stockage (de Groot, 2004). On assiste malgré tout à des infestations dues aux facteurs biotiques et abiotiques. Les facteurs biotiques comprennent les insectes nuisibles et les moisissures (FAO, 2009) alors que les facteurs abiotiques qui influent sur le taux des pertes post-récoltes sont la température et l'humidité (Giorni *et al.*, 2008). Les interactions entre ces deux facteurs sont susceptibles de déterminer l'ampleur des pertes pendant le stockage (Cairns-Fuller *et al.*, 2005). Les bruches sont les plus importants insectes ravageurs des légumineuses à graines entreposées dans les régions tropicales (FAO, 2009). Des études ont montré que les pertes dues aux organismes nuisibles, au cours du stockage, varient entre 1 % et 50 % de la production (Kodio, 1989). Devant la gravité des pertes post-récolte, Labeyrie (1992), mentionnait qu'en Afrique, les paysans travaillent pour les insectes. Alors que la plupart des pertes résultent d'infestations par les insectes, une autre proportion de la perte totale résulte de contamination fongique (Pomeranz et Zeleny, 2009). Les pertes comprennent une apparence médiocre, une décoloration, une dégradation nutritionnelle, la perte de la viabilité des semences, d'odeurs désagréables, le rancissement, la présence de fragments d'insectes et d'infection (Weinberg *et al.*, 2008). Il existe de nombreuses méthodes de protection des produits locaux stockés ; des méthodes traditionnelles telles que l'utilisation de certains matériaux naturels (plantes, minéraux, huile) qui sont souvent efficaces (de Groot, 2004). D'autre part, pour lutter contre les insectes ravageurs des légumineuses à graines entreposées notamment les bruches (Bruchidae), les paysans et commerçants du centre Bénin utilisent des méthodes endogènes respectueuses de l'environnement et de la santé humaine. Ces méthodes sont mal connues et peu documentées (Chougourou et Alavo, 2011). Encore plus Lienard et Seck (1994) trouvaient que les méthodes physiques de protection contre *Callosobruchus maculatus* (bruches de niébé) dans les systèmes de stockage des pays africains tropicaux sont inefficaces parce que leurs applications exigent d'énormes connaissances techniques et des équipements difficiles à maîtriser par les producteurs ruraux. Ils soutenaient donc l'expérimentation des méthodes naturelles incluant les mesures de contrôle traditionnelles qui, selon eux, seraient des alternatives attrayantes plus efficaces. Autant de motivation pour évaluer l'efficacité des techniques traditionnelles de conservation des semences de la lentille de terre au Bénin afin de contribuer à la maîtrise beaucoup plus efficace et efficiente des dites techniques.

### 1.3. Objectifs de l'étude

#### *Objectif général :*

L'objectif général de notre étude est d'évaluer l'efficacité des techniques traditionnelles de conservation des graines de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*) utilisées au Bénin, sur la prolifération des bruches (*Callosobruchus maculatus*) et des moisissures.

#### *Objectifs spécifiques :*

Plus spécifiquement, il sera question de :

- apprécier l'efficacité de différents modes de stockage (hermétiques et non-hermétiques) sur la prolifération des bruches (*Callosobruchus maculatus*) et des moisissures lors du stockage des graines ;
- évaluer l'effet de quatre composés locaux (organiques : piment, zest d'orange ; minéraux : cendre, sable) sur la qualité des graines de lentille de terre.

### 1.4. Hypothèses de recherche :

Deux hypothèses ont été formulées à partir des objectifs spécifiques :

H1 : les structures hermétiques de stockage pourraient servir à lutter efficacement contre la multiplication des bruches (*Callosobruchus maculatus*) et l'apparition des moisissures lors du stockage des graines de lentille de terre

H2 : le piment contribuerait à réduire efficacement la prolifération des bruches (*Callosobruchus maculatus*) et des moisissures lors du stockage des graines de la lentille de terre.

## CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE

### 2.1. Généralités sur la lentille de terre :

#### 2.1.1. Origine et distribution géographique :

La lentille de terre est une légumineuse vivrière cultivée, originaire d'Afrique. Sa forme ancestrale sauvage a été découverte en 1923, sur les bords de l'Oubangui, par TISSERANT (Chevalier, 1933) et au Cameroun par HEPPEL en 1963. C'est une plante typiquement Ouest-africaine (Mergeai, 1993). L'aire de distribution de sa forme cultivée s'étend à tous les pays côtiers qui du Sénégal au Nigéria bordent le golfe de Guinée. Elle est également signalée au Burkina Faso, au Niger et au Mali (Rachie et Roberts, 1974 ; Duke *et al.*, 1977 ; Marechal et Baudet, 1977 ; Kay, 1979 ; Amuti, 1980 ; Westphal, 1985 ; Smartt, 1990 ; Pasquet *et al.*, 2001) mais aussi en Tanzanie, Mauritanie et Fiji (Dako et Vodouhè, 2006).

#### 2.1.2. Taxonomie :

La classification taxonomique la plus récente de la lentille de terre est due à Marechal et Baudet (1977). Elle appartient à l'ordre des Leguminosales, famille des Fabaceae, tribu des Phaseoleae, sous-tribu des Glycininae (Mergeai, 1993). Jusqu'il y a peu, la lentille de terre a été baptisée *Voandzeia poissoni* par Chevalier (1910a) alors que Harms l'avait déjà identifiée et nommée *Kerstingiella geocarpa* 18 mois plus tôt (Chevalier, 1910b) ; une variété cultivée (*geocarpa*) et l'autre spontanée (*tisserantii*). En 1977, Marechal et Baudet se basant sur la convergence des données organographiques, blastogéniques, chorologiques et palynologiques ont transféré le genre *Kerstingiella* Harms au sein du genre *Macrotyloma* (WIGHT & ARN).

#### 2.1.3. Écologie :

La lentille de terre est une plante très rustique bien adaptée aux conditions de culture des régions arides et semi-arides (Aremu *et al.*, 2006 ; Bampuori, 2007). Elle est tolérante à la sécheresse. Une pluviométrie annuelle de 500 à 600mm est suffisante pour permettre sa culture (Echendu *et al.*, 2009). La lentille de terre n'est pas exigeante au niveau de la fertilité des sols ; elle pousse bien sur les sols argileux perméables, limoneux et sableux riches en calcium. Westphal (1985) considère un pH de 5,1 comme le plus adéquat. La culture exige la lumière du soleil, une température moyenne de 18° à 34°C et une précipitation modérée (Echendu *et al.*, 2009).

Au Bénin, la production de la lentille de terre est concentrée au centre et au sud du pays (Assogba *et al.*, 2015). Le semis se fait entre juin-juillet et la récolte, quatre à cinq mois plus tard. La lentille

de terre est une plante herbacée annuelle à tige rampante dont le fruit, comme celui de l'arachide (*Arachis hypogea*), pousse dans le sol par la croissance d'un gynophore (Mergeai, 1993). Son système racinaire est pivotant et comporte des nodosités en moins grand nombre que celui du soja (*Glycine max*). Sa germination est épigée et à lieu trois à cinq jours après le semis. La floraison intervient 30 à 65 jours après le semis (Mergeai, 1993). Les fleurs sont petites, généralement émises par paire et sont de couleurs blanches ou vert pâles, parfois teintées de pourpre. Les fleurs blanches produisent des graines blanches alors que les fleurs pourpre produisent des graines rouges, noires ou pigmentées (Dalziel *et al.*, 1955 ; Duke *et al.*, 1977 ; Smartt, 1985). La maturité est atteinte 40 à 60 jours après l'ouverture des fleurs. Quant à la durée du cycle, elle est de 90 à 180 jours. Les épiphylls sont entières et opposées tandis que les métaphylls sont trifoliolées ; les folioles aux limbes membraneux sont plus ou moins arrondies à leurs deux extrémités. La gousse mature est indéhiscente, sa longueur varie entre 1 et 2cm (Mergeai, 1993). Le poids de 100 graines est relativement faible et varie entre 5-15g. Les gousses contiennent une, deux ou rarement trois graines ; les gousses contenant plus d'une graine possèdent des constriction entre les graines (Mergeai, 1993). L'étendue du système racinaire dépend aussi bien de la texture et de la structure du sol que de la disponibilité des nutriments (Adelusi et Akamo, 2006) ; les sols trop fertiles ou trop humides sont donc à éviter. Le rendement moyen le plus généralement cité pour la lentille de terre est de 500kgs de graines sèches à l'hectare (Rachie et Roberts, 1974 ; Duke *et al.*, 1977 ; Kay, 1979 ; Duke, 1981 ; Westphal, 1985 ; Smartt, 1990), ce qui explique la baisse de sa production au Bénin car selon le MAEP (2014), la superficie totale emblavée par la lentille de terre est passée de 2696 hectares en 2008- 2009 à 1379 hectares en 2012-2013 et la production est passée de 1849 tonnes à 820 tonnes au Bénin. Ce n'est qu'en 2012 que Kouelo *et al.* Affirme un rendement de plus de 900 kg de graines sèches à l'hectare en milieu paysan tout en agissant sur le travail du sol et la fertilisation minérale.

## **2.2. Importance de la lentille de terre :**

### *2.2.1. Importance alimentaire :*

Les légumineuses jouent un rôle important dans la lutte contre la malnutrition. La protéine contenue dans les légumineuses est deux à trois fois celle des céréales selon le type de légumineuse (Friedman, 1996). Elles sont riches en des nutriments tels que les protéines (acides aminés essentiels comme la lysine et la méthionine), les lipides, les glucides, la cendre, les fibres et le calcium (Adelusi *et al.*, 2006). Gepts (1990) a montré que les globulines constituent l'essentiel des

protéines de réserves chez les légumes secs. Or, la phaséoline est la composante principale des globulines (Staswick *et al.*, 1986 ; Pusztai et Watt, 1970 ; Gepts *et al.*, 1992 ; Alli *et al.*, 1993). La phaséoline est connue pour ses effets amaigrissants. En effet, elle inhibe l' $\alpha$ -amylase, minimisant ainsi le stockage d'énergie issue de l'hydrolyse de l'amidon (Marshall et Lauda, 1975 ; Layer *et al.*, 1985 ; Layer *et al.*, 1986 ; Boivin *et al.*, 1987 ; Kotaru *et al.*, 1987 ; Moreno *et al.*, 1990 ; Grossi de Sa *et al.*, 1997). Cette énergie supplémentaire serait à l'origine de prédispositions à l'obésité et au diabète (Boivin *et al.*, 1987); les sous-unités protéiques globulines des légumes secs sont aussi très riches en acides aminés essentiels (Carbonaro, 2006).

Les graines de la lentille de terre constituent un aliment de qualité ; elles possèdent un très bon goût et sont riches en azote protéique (Irvine, 1969 ; Gnacadja, 1975 ; Duke *et al.*, 1977 ; Kay, 1979). Les graines contiennent 24,7% de protéine, 2,3% de lipide, 49,6% de glucide, 10,3% de fibre, 2,8% de cendre et des traces de vitamines et de minéraux (Duke *et al.*, 1977). Chevalier (1993) rapporte que la lentille de terre est préférée au voandzou et au niébé par beaucoup d'africains et d'européens. Les graines sont en général bouillies puis assaisonnée avec du beurre de karité et du sel. Elles peuvent également être consommées avec de l'huile de palme ou d'autres huiles végétales locales. Elles sont mangées seules ou avec un aliment amylicé comme l'igname ou le riz (Duke *et al.*, 1977 ; Kay, 1979 ; Amuti, 1980 ; Dako et Vodouhè, 2006). Les feuilles servent parfois de légumes ou entrent dans la préparation des soupes (Kay, 1979). Les graines de la lentille de terre sont un aliment particulièrement recherché et apprécié au Bénin ; dans ce pays elles ont été pendant longtemps considérées comme une nourriture exclusivement réservée aux dignitaires et aux chefs de famille (Chevalier, 1993 ; Duke *et al.*, 1977 ; Kay, 1979). De plus elles constituent un des mets préférés des prêtres du culte Vodoun (Gnacadja, 1975). Amuti (1980) insiste sur les propriétés médicinales attribuées aux graines de la lentille de terre dans le Nord du Ghana. En effet les graines bouillies sont données aux bébés ; l'eau de cuisson des graines est utilisée pour soulager les maux d'estomac et les crampes intestinales. En cas d'empoisonnement alimentaire, l'ingestion d'une suspension de poudre non cuite des graines sèches mélangées avec de l'eau provoque le vomissement (Mergeai, 1993). Au nord du Togo, la lentille de terre est utilisée contre la diarrhée ; les décoctions à base de feuilles fait baisser la température et joue le rôle de vermifuge (Buah *et al.*, 2006 ; Stanley, 2006). Au Nigéria, les Ibo utilisent la plante de la lentille de terre dans le traitement de dysenterie, la fièvre et le diabète (Dako et Vodouhè, 2006).

### 2.2.2. *Importance agronomique :*

Les légumineuses à graines en général ont une importance agronomique assez connue. Il s'agit de leur rôle dans le maintien de la fertilité du sol et de leur remarquable résistance à la sécheresse (Glitho, 2001). On comprend facilement l'importante contribution des légumineuses à la fertilité du sol parce qu'elles sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium* hébergées dans des nodules racinaires ; ce qui permet de diminuer l'utilisation d'engrais minéraux à l'échelle de la rotation et donc de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées à la production et à l'utilisation de ces engrais en agriculture (Voisin *et al.*, 2013). Une grande partie de l'azote fixée est enlevée au moment de la récolte des gousses ; les racines et une partie des feuilles restent cependant dans le sol qu'elles enrichissent en azote par la décomposition des nodosités (Baudoin et Vanderborgh, 2001); ce qui permet de réduire les apports d'azote sur la culture suivante (Voisin *et al.*, 2013). De ce fait, la lentille de terre constitue un important précédent cultural dans un agrosystème notamment les systèmes sans élevage dans lesquels le déficit azote est récurrent (David *et al.*, 2005). Quand les légumineuses sont cultivées en association avec les poacées, une partie importante de l'azote fixée demeure dans le sol et en augmente la fertilité de façon plus significative (Borget, 1989). Il est à noter que la culture des légumineuses permet aussi de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> issu de combustibles fossiles émis lors de la production d'engrais de synthèse (Jensen *et al.*, 2012). De plus le rapport C/N des légumineuses est compris entre 15 et 20, donc leur incorporation entraîne une réorganisation de l'azote et ainsi peu d'émissions de N<sub>2</sub>O par le sol (Duc *et al.*, 2010).

### 2.2.3. *Importance économique :*

La lentille de terre joue un rôle très important sur le plan économique. Contrairement aux autres spéculations comme le maïs, le mil, le sorgho, etc..., destinées en grande partie à la consommation domestique, la lentille de terre est cultivée comme culture d'exportation dans les zones rurales des Collines. Son prix vaut deux fois celui de ses homologues légumineuses à graines ; 1kg de lentille de terre coute entre 2000 et 3000frs CFA.

### 2.3. Maladies, pestes de la lentille de terre et ennemis des stocks :

La lentille de terre est très peu sensible aux maladies dans les régions semi-arides (Rachie, Roberts, 1974 ; Duke *et al.*, 1977 ; Westphal, 1985). Des attaques de rouilles et de moisissures peuvent survenir sur les feuilles dans les régions plus humides (Duke *et al.*, 1977). Le fait que les gousses de la lentille de terre sont enfouies dans le sol protègent les graines contre les attaques des insectes volants qui limitent sévèrement ou détruisent les impulsions comme c'est le cas chez le soja (*Glycine max*) dont les gousses demeurent en haut (Adelusi *et al.*, 2006).

Le charançon *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera : Bruchidea) ou le bruche du niébé est le plus important ravageur des légumineuses à graines entreposées dans les régions tropicales (FAO, 2009). Il est généralement gris brun avec 4 tâches jaunâtres sur les élytres. Le fémur caché a une grande et 2 petites dents. Les yeux sont grands et proéminents. Les élytres ne couvrent pas complètement l'abdomen. Les antennes sont en dent de scie. L'adulte mesure 3 à 4,5 mm de long (Ndiaye 1999). L'infestation commence généralement avant la récolte. Les charançons infestent les graines au champ et continuent de se multiplier pendant l'entreposage (White, 2001). Les œufs sont déposés doucement dans les cavités de surface des graines ou le long de la denrée. La jeune larve entre immédiatement dans la graine et le développement jusqu'au stade adulte se déroule à l'intérieur de la graine. La chambre de pupation est préparée dans une poche proche de la surface extérieure. A ce « stade fenêtre », l'infestation peut être détectée par l'apparence d'une zone circulaire et translucide (Ndiaye, 1999). Les pertes occasionnées par les bruches aux denrées entreposées peuvent atteindre jusqu'à 100% en Afrique tropicale (El-Sawaf, 1956 ; Lienard et Seck, 1994; FAO, 2009) car les principaux insectes qui infestent les denrées stockées sont extrêmement destructifs en milieu tropical (Décolé, 1999). Cette destruction des légumineuses à graines entreposées par les charançons se manifestent par une perforation des graines (USAID, 2016).

Par ailleurs, les moisissures notamment les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* sont connues pour être des contaminants des produits agricoles et/ou pour leur capacité à produire des métabolites secondaires toxiques (Worou *et al.*, 2016). La contamination fongique des denrées alimentaires, destinées à l'homme ou à l'animal, est rapportée être le principal dommage entraînant de nombreux problèmes (Butler et Day, 1998). Les aflatoxines sont des substances cancérigènes naturelles les plus puissantes et elles ont été liées avec une prévalence élevée du cancer

hépatocellulaire en Afrique (Strosnider *et al.*, 2006). Contamination par l'aflatoxine dans plusieurs denrées alimentaires en Afrique a été un problème récurrent (Shephard, 2003). Foua-bi (1989) mentionnait que les agents de détérioration des stocks les plus importants sont les insectes (44%), les rongeurs (30%) et les champignons (26%). Le tableau suivant montre les principaux ennemis et leurs conséquences sur les stocks.

**Tableau 1** : Principaux ennemis et conséquences sur les stocks

Principaux ennemis	Conséquences sur les stocks
Humidité	L'humidité entraîne la pourriture des denrées stockées à travers des moisissures et champignons qui s'y déposent. A la longue les denrées stockées se fermentent et dégagent une odeur forte. L'humidité peut en un temps record, engloutir une quantité importante des denrées stockées. Elles deviennent impropres à la consommation. Les moisissures secrètent des mycotoxines (aflatoxines surtout) qui sont indestructibles et responsables de maladies incurables chez l'Homme
Insectes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction physique des graines</li> <li>• Altération de la qualité marchande</li> <li>• Diminution de la qualité nutritionnelle</li> <li>• Diminution de la faculté germinative</li> <li>• Développement d'odeurs désagréables</li> <li>• Augmentation de la concentration des poussières organiques</li> <li>• Dissémination des micro-organismes</li> </ul>
Rongeurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consomment environ 10% de leur poids corporel par jour</li> <li>• Déprécient les graines stockées et les lieux de stockage par les urines, excréments et poils</li> <li>• Véhiculent des maladies et des puces</li> </ul>

Source : USAID, 2016. Pages 94-95

Rappelons que :

- ✓ les insectes des stocks sont des insectes qui vivent, se nourrissent dans les denrées stockées.
- ✓ un nuisible des stocks est tout élément qui provoque directement ou indirectement des pertes ou dommage sur les produits stockés.
- ✓ on entend par perte ou dommage les dégâts exprimés en termes de pourcentage ou en terme monétaire.
- ✓ les moisissures sont des champignons qui se développent sur des substances et qui peuvent provoquer des problèmes de santé chez les personnes ou les animaux.
- ✓ le taux d'humidité est la quantité de particules d'eau présente dans l'air ou dans les denrées stockées.



**Figure 1:** Adulte de la forme voilière de *Callosobruchus maculatus*  
(Sources : Nyamador, USAID, 2016)

## 2.4. Définition de quelques concepts :

### 2.4.1. Le système post-récolte :

Un système post-récolte est l'ensemble des circuits empruntés par la denrée depuis le champ jusqu'à la table du consommateur. Suivant les pratiques en vigueur dans le milieu, la postproduction peut confondre la récolte et l'après-récolte. Ainsi défini, le système post-récolte admet deux bornes fondamentales : le producteur et le consommateur. Entre ces deux bornes s'insère une chaîne de services variés. Bien comprendre le système revient à se familiariser avec les différentes composantes dont les interactions sont déterminantes dans l'intégrité des produits en conservation (Kossou et Samba, 1984). En ce qui concerne la lentille de terre, les éléments

constitutifs du système, interdépendants et se déduisant des uns des autres, comprennent la récolte, le séchage, le décorticage, le stockage, la commercialisation, la transformation et la consommation. Notre étude portera sur les opérations que sont : le stockage, le conditionnement et la conservation.

#### *2.4.2. La récolte :*

La récolte, opération consistant à séparer le fruit de la plante, peut commencer avant la maturité complète des graines ; la période de récolte a un effet sur l'aptitude du grain à la conservation. Les observations courantes montrent que les grains non mûrs, à forte teneur en eau, se détériorent très rapidement en raison des systèmes enzymatiques qui y sont encore très actifs. Les agriculteurs et les paysans des zones intertropicales comptent encore essentiellement sur l'énergie solaire directe pour réduire l'humidité des grains au champ jusqu'à des valeurs proches de 20-25 % (base humide) avant la récolte (Aho et Kossou, 1989).

#### *2.4.3. Le séchage :*

Le séchage est une opération particulièrement importante dans le système post-récolte des grains. Il est utilisé pour inhiber les mécanismes physiologiques et physico-chimiques responsables des altérations, par la réduction de la teneur en eau des produits au seuil de sécurité permettant en même temps de limiter la prolifération des moisissures et de retarder l'activité de certaines espèces d'insectes. C'est une opération à la fois importante et difficile sous les climats chauds et humides où la technologie requise n'est pas toujours disponible. (Kossou et Aho, 1993).

#### *2.4.4. Le stockage :*

Le stock étant l'ensemble des produits agricoles que l'on possède physiquement et qui sont déposés pour une utilisation ultérieure ; le stockage correspond donc à l'entreposage des grains ou denrées agricoles dans une enceinte conçue à cet effet. C'est une opération qui consiste à entreposer, pour une période donnée, des produits agricoles dans un magasin suivant des normes et des règles qui permettent leur bonne conservation (USAID, 2016).

#### *2.4.5. Le conditionnement :*

Le conditionnement est l'ensemble des processus de la post-récolte permettant de sauvegarder la qualité des récoltes et d'améliorer la qualité des produits avant l'étape de leur commercialisation. Au cours de cette période intermédiaire, des risques de détérioration et de contamination sanitaire sont présents et devront être maîtrisés (Bailey *et al.*, 2009). C'est aussi une opération qui détermine le pourcentage normal d'humidité que doit contenir chaque matière sèche. Il s'agit aussi des

méthodes et moyens permettant d'assurer à la fois une protection du produit en vue d'en faciliter la vente.

#### 2.4.6. *La conservation :*

La conservation peut se définir comme l'ensemble des opérations qui permettent de maintenir la qualité d'un produit en le préservant des altérations et défauts pouvant le rendre impropre à la consommation (Bailey *et al.*, 2009). C'est aussi l'action de garder un produit de manière à le maintenir autant que possible dans le même état. La conservation de la lentille de terre revient à le stocker de façon à ce que la quantité et la qualité demeure autant que possible intacte (USAID, 2016).

Il est important de dissocier les mots stockage et conservation, même si ces deux concepts sont liés. En effet, le stockage doit se faire suivant des normes particulières pour favoriser une bonne conservation.

### **2.5. Techniques de conservation des graines :**

Les graines de lentille de terre sont stockées sèches (Royal Botanic Gardens, 2016). Les graines sont stockées dans des récipients comme des gourdes et des Calebasses pour une longue et meilleure conservation (Achigan et Vodouhè, 2006). Pour protéger les graines contre les nuisibles, les producteurs utilisent des insecticides chimiques comme Pyrimiphos méthyl (Actellic) ou le sofagrain (Pyrimiphos méthyl + Deltaméthrine) (Assogba *et al.*, 2015). Mais ces produits chimiques posent des problèmes de santé publique car leurs résidus se rencontrent dans la chaîne alimentaire et cause des intoxications (Carson, 2002). Des substances minérales comme le sable fin, la poudre d'argile, la chaux et la cendre de bois mélangées aux graines attaquent les ravageurs de façon invisible et finissent par les déshydrater. Elles remplissent aussi les interstices entre les graines, de sorte que les ravageurs ont du mal à se déplacer et à respirer (Scheepens *et al.*, 2011). Plusieurs plantes insecticides sont utilisées traditionnellement pour le stockage des graines afin de limiter les dégâts des bruches. Le tableau suivant montre quelques exemples de plantes qui permettent de protéger des graines stockées.

**Tableau 2 :** Exemples de plantes qui permettent de protéger les graines stockées

Nom de la plante	Partie de la plante	Traitement
Aloès ( <i>Aloe vera</i> )	Plante entière	Plantes sèches et moulues : la poudre est mélangée aux graines
Piment ( <i>esp. Capsicum</i> )	Gousses mûres et sèches	Les gousses sont moulues et mélangées avec les céréales ou saupoudrées sur les légumineuses
Pyrèthre ( <i>Chrysanthemum Cinerariifolium</i> et <i>C.coccineum</i> )	Têtes de la fleur	Ramasser pendant des journées chaudes. Faire sécher à l'ombre. Réduire en poudre et mélanger aux graines.
Chanvre du Bengale ( <i>Crotalaria juncea</i> )	Graines	Ajouter des graines de chanvre du Bengale pour remplir les interstices entre les graines de grande dimension
Datura stramoine ( <i>Datura stramonium</i> )	Feuilles et tiges (attention, les graines sont très toxiques)	Faire sécher et mélanger avec le produit
Derris ( <i>esp. Derris</i> )	Toutes les parties	Saupoudrer ou vaporiser sur le produit
Eucalyptus ( <i>esp. Eucalyptus</i> )	Feuilles	Disposer en couches ou mélanger avec le produit
Lantana ( <i>esp. Lantana</i> )	Feuilles	Écraser et placer parmi les graines
Lilas de Perse ( <i>Melia Azedarach</i> )	Feuilles, graines mûres	Sécher et réduire en poudre. Mélanger aux céréales à raison de 2% si la poudre provient des graines et 4% si elle provient des feuilles.
Estragon du Mexique ( <i>Tagetes lucida</i> )	Plante entière	Ajouter les plantes sèches en couches ou mélanger la plante réduite en poudre ou déposer une couche de 3-5 cm de plantes concassées au fond des corbeilles de céréales
Menthe verte ( <i>Mentha spicata</i> )	Plante entière	4% de poudre de feuilles assurera une bonne protection pendant plus de 4 mois
Margousier ( <i>Azadirachta indica</i> )	Feuilles, graines concassées et leurs extraits et huiles	Vaporiser ou saupoudrer sur les graines emballées ; l'odeur forte repousse les ravageurs
Oranger ( <i>Citrus sinensis</i> )	Fruits (zestes) de préférence verte	Mélanger les zestes avec les graines pour combler les interstices entre elles

Source : Scheepens *et al.*, 2011. Pages 41-42.

## CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Cadre d'étude :

L'étude a été menée à l'Université d'Abomey-Calavi située dans la commune d'Abomey-Calavi, département de l'Atlantique, Bénin. Les travaux se sont déroulés dans des conditions contrôlées au Laboratoire d'Écologie Appliquée de la Faculté des sciences Agronomiques.

### 2.2. Matériels :

#### 2.2.1. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans le cadre de cette étude est la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* [Harms] Marechal & Baudet) dont une quantité de 24 kilogrammes a été nécessaire pour la mise en place de l'expérimentation.

#### 2.2.2. Matériels organiques et minérales :

Pour cette étude, quatre (4) composés organiques et minérales comptant parmi les plus utilisés traditionnellement pour la conservation des graines de la lentille de terre au Bénin, ont été testé. Au nombre de celles-ci nous avons : le piment rouge (*Capsicum spp*) ; les zestes d'orange ; la cendre de bois et du sable fin.

#### 2.2.3. Matériels techniques :

- 60 bouteilles de 33 cl en plastique avec couverture hermétique ont été utilisées comme structure de stockage hermétique au cours de cette étude. En ce qui concerne les structures de stockage non-hermétique, 60 pochettes ont été confectionné à cet effet à base de toiles jute.
- Une balance électronique de laboratoire de la marque « servo balans vibra » a servi pour les différentes pesées.
- Des boîtes de pétri en plastique de 90 mm de diamètre ont servi pour la sélection des bruches (*Callosobruchus maculatus*) et l'infestation artificielle des lots infestés.
- Un plastique transparent (33cm x 12cm) a été utilisé pour la multiplication des bruches avec un substrat de niébé hautement infesté et couvert d'une mousseline blanche pour faciliter la circulation d'air.
- Une étuve de laboratoire de capacité 30 litres pour sécher a été utilisée pour tester la teneur en eau des graines.

- En plus des matériels susmentionnés, plusieurs autres outils ont servi dans la mise en œuvre de cette étude à savoir : du détergent pour nettoyer les boîtes de pétri avant et après chaque utilisation, un tamis pour séparer le stock infesté et les bruches, des enveloppes blanches pour l'étuvage des graines et des gants en latex pour éviter les contaminations.

### 2.3. Méthodologie de recherche :

#### 2.3.1. Conception expérimentale :

L'expérimentation comporte 20 unités expérimentales répétées 3 fois et randomisé suivant un dispositif complètement aléatoire en utilisant le package statistique GenStat 13<sup>eme</sup> Edition. Le temps de stockage a été de 60 jours avec des prises de données espacées de 30 jours. Deux conditions de stockage ont été expérimentées à savoir : hermétique et non-hermétique. Compte tenu de la durée courte de l'expérimentation et en vue d'apprécier plus efficacement l'effet des conditions et traitement testés sur la prolifération des bruches, nous avons réalisé une infestation artificielle de certaines unités expérimentations avec 20 bruches d'Age mixte (tout sexe confondu) suivant la méthodologie proposée par Suleiman et al. (2018). En ce qui concerne le conditionnement des graines cinq traitements ont été utilisés, au nombre desquels nous avons le traitement au piment, le traitement au zeste d'orange, le traitement la cendre et le traitement avec sable fin et un témoin sans traitement. L'expérimentation a été installé sur une paillasse dans le laboratoire en condition ambiante de température et d'humidité relative ( $25 \pm 3$  °C ;  $70 \pm 6$  RH). Les bruches (*Callosobruchus maculatus*) utilisés lors de cette expérimentation ont été obtenues à partir d'un stock de lentille de terre hautement infesté conservé dans l'unité de recherche NTFPs & Orphan Crop species / LEA/ FSA de l'Université d'Abomey-Calavi. Le tableau suivant résume l'expérimentation et le dispositif utilisé.



**Figure 2 :** Lentille de terre stockée en bouteilles plastiques et en sac de jute

**Tableau 3 : Unités expérimentales**

Traitement	Infestation	Herméticité	Réplication	Code correspondant
Témoin	Infestée	Hermétique	1	1111
Témoin	Infestée	Hermétique	2	1112
Témoin	Infestée	Hermétique	3	1113
Témoin	Non-infestée	Hermétique	1	1211
Témoin	Non-infestée	Hermétique	2	1212
Témoin	Non-infestée	Hermétique	3	1213
Témoin	Infestée	Non-hermétique	1	1121
Témoin	Infestée	Non-hermétique	2	1122
Témoin	Infestée	Non-hermétique	3	1123
Témoin	Non-infestée	Non-hermétique	1	1221
Témoin	Non-infestée	Non-hermétique	2	1222
Témoin	Non-infestée	Non-hermétique	3	1223
Piment	Infestée	Hermétique	1	2111
Piment	Infestée	Hermétique	2	2112
Piment	Infestée	Hermétique	3	2113
Piment	Non-infestée	Hermétique	1	2211
Piment	Non-infestée	Hermétique	2	2212
Piment	Non-infestée	Hermétique	3	2213
Piment	Infestée	Non-hermétique	1	2121
Piment	Infestée	Non-hermétique	2	2122
Piment	Infestée	Non-hermétique	3	2123
Piment	Non-infestée	Non-hermétique	1	2221
Piment	Non-infestée	Non-hermétique	2	2222
Piment	Non-infestée	Non-hermétique	3	2223
Zeste d'orange	Infestée	Hermétique	1	3111
Zeste d'orange	Infestée	Hermétique	2	3112
Zeste d'orange	Infestée	Hermétique	3	3113
Zeste d'orange	Non-infestée	Hermétique	1	3211
Zeste d'orange	Non-infestée	Hermétique	2	3212
Zeste d'orange	Non-infestée	Hermétique	3	3213
Zeste d'orange	Infestée	Non-hermétique	1	3121
Zeste d'orange	Infestée	Non-hermétique	2	3122
Zeste d'orange	Infestée	Non-hermétique	3	3123

Zeste d'orange	Non-infestée	Non-hermétique	1	3221
Zeste d'orange	Non-infestée	Non-hermétique	2	3222
Zeste d'orange	Non-infestée	Non-hermétique	3	3223
Cendre	Infestée	Hermétique	1	4111
Cendre	Infestée	Hermétique	2	4112
Cendre	Infestée	Hermétique	3	4113
Cendre	Non-infestée	Hermétique	1	4211
Cendre	Non-infestée	Hermétique	2	4212
Cendre	Non-infestée	Hermétique	3	4213
Cendre	Infestée	Non-hermétique	1	4121
Cendre	Infestée	Non-hermétique	2	4122
Cendre	Infestée	Non-hermétique	3	4123
Cendre	Non-infestée	Non-hermétique	1	4221
Cendre	Non-infestée	Non-hermétique	2	4222
Cendre	Non-infestée	Non-hermétique	3	4223
Sable	Infestée	Hermétique	1	5111
Sable	Infestée	Hermétique	2	5112
Sable	Infestée	Hermétique	3	5113
Sable	Non-infestée	Hermétique	1	5211
Sable	Non-infestée	Hermétique	2	5212
Sable	Non-infestée	Hermétique	3	5213
Sable	Infestée	Non-hermétique	1	5121
Sable	Infestée	Non-hermétique	2	5122
Sable	Infestée	Non-hermétique	3	5123
Sable	Non-infestée	Non-hermétique	1	5221
Sable	Non-infestée	Non-hermétique	2	5222
Sable	Non-infestée	Non-hermétique	3	5223

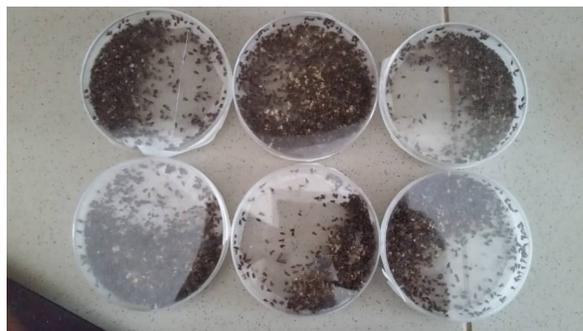


Figure 3 : Échantillons de bruches utilisées pour l'infestation

### 2.3.2. Préparation des échantillons :

La lentille de terre utilisée pour cette expérimentation provient de la commune de Djidja et a été récoltée en 2018. Elle a d'abord été triée puis tamisée pour débarrasser les graines cassées, perforées, infestées, pourries et séparer tout débris du stock. Provenant d'une même source et étant relativement homogène, quatre (04) échantillons de 4g de graines ont été prélevés de manière aléatoire pour déterminer respectivement la teneur en eau initial des graines. 200g de lentille de terre a été prélevé par hasard et stocké dans chaque unité expérimentale. Ensuite les graines ont été minutieusement examinées pour confirmer l'absence total d'insectes ou d'œuf dans chaque unité. Enfin, après étiquetage ; vingt (20) bruches d'âge mixtes non sexués ont été introduites dans les unités expérimentales infestées (Suleiman *et al.*, 2018). Concernant les traitements, 10g de chaque composé a été ajouté aux unités correspondantes (Scheepens *et al.*, 2011) sauf le sable dont la quantité élémentaire est de 20g (de Groot, 2004). Les bouteilles ont été alors hermétiquement fermée et les sacoches soigneusement attachées.

#### Collecte des données :

##### A) Teneur en eau des graines :

Pour déterminer la teneur en eau de chaque stock de lentille de terre, deux échantillons de 4g ont été prélevés dans chaque unité expérimentale et étuvés à  $103^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$  pendant 17 heures. Après l'étuvage, le poids sec des échantillons a été déterminé puis la teneur en eau déterminée selon la formule suivante (ISTA, 2017):

$TE = (MF - MS) / MF * 100$  avec TE : teneur en eau ; MF : Masse fraîche ; MS : Masse sèche.

##### B) Évaluation visuelle des moisissures et des œufs :

La lentille de terre stockée est remuée et observée pour voir s'il y a des moisissures dans le stock ou la présence des œufs sur les graines (Suleiman *et al.*, 2018).

##### C) Vérification de la population d'insectes :

Elle a été faite par tamis simple à la main pour séparer la lentille de terre des insectes qu'elle contient. Les insectes ont été alors repartis dans deux catégories dont les vivants et les morts, puis comptés. (Aboagye *et al.* 2017)

##### D) Proportion utilisable :

Pour vérifier la qualité des graines, 100g de lentille de terre stockée a été prélevée, triée (graines perforées, graines pourries ou moisies) puis repeser afin de déterminer la quantité restante et calculer la proportion utile. (De Grootte *et al.* 2013)

$PU = PF / PI * 100$  avec PU : proportion utile ; PF : poids final et PI : poids initial.

*Analyse des données :*

Les données collectées ont été encodées avec le tableur Excel et des tableaux et graphes ont été réalisés pour faciliter la présentation des résultats.

## CHAPITRE IV : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1. Résultats :

#### 4.1.1. Teneur en eau des graines :

La figure 2 nous montre la variation de la teneur en eau des graines au cours de l'essai. On constate que la teneur en eau des graines stockées dans les bouteilles en plastique (milieu hermétique) est presque stable par rapport à la teneur en eau initial (10,09%) tandis qu'on note une très grande variation de cette dernière dans les sacs de jutes (milieu non hermétique) (14,00%) ; ce qui explique les échanges d'air entre les graines stockées en milieu non hermétique et la chambre de stockage d'un taux d'humidité de  $76\% \pm 5$ .

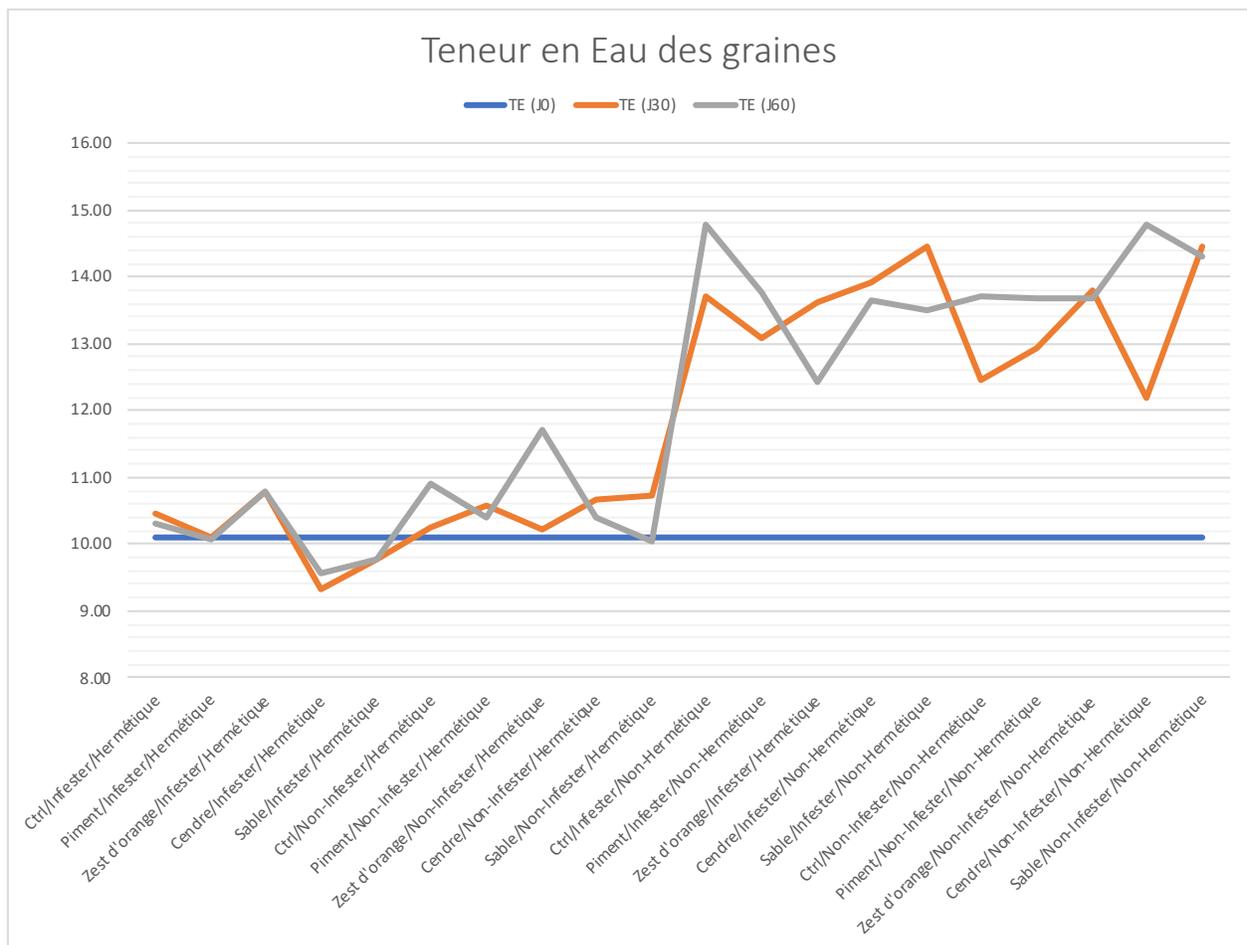


Figure 4 : Variation de la teneur en eau des graines au cours de l'expérimentation

#### 4.1.2. Évaluation de moisissures et d'œufs :

Les tableaux 4 et 5 montrent respectivement l'état des graines issues des conditions de stockage hermétique et non hermétique. Du premier, il découle qu'après 60 jours de stockage, les graines stockées demeurent intactes qu'ils soient infestés et/ou traités, ou non. Ce qui veut dire que le milieu hermétique ne favorise pas la prolifération des bruches ni le développement des moisissures si les graines ont été bien séchées avant le stockage. Le second tableau montre qu'en 30 jours de stockage en milieu non hermétique, il y a déjà la présence d'œufs de bruches sur les graines non traitées et qu'en 60 jours cette infestation est plus importante. Néanmoins ce n'est qu'après 60 jours de stockage qu'on remarque la présence de quelques œufs de bruches sur les graines stockées avec un composé. Le développement des moisissures ne s'est observé que dans le cas des graines stockées sans aucun traitement après 60 jours de stockage. On en déduit que le milieu non hermétique favorise la prolifération des bruches et l'infestation des graines stockées occasionne l'apparition des moisissures dans les stocks. Les composés ne font que limiter l'infestation des stocks par les bruches.

**Tableau 4 :** État des graines issues de structure de stockage hermétique

		<i>Hermétique</i>									
		<b>Infester</b>					<b>Non-Infester</b>				
		Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable	Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable
<i>Champignon</i>	J0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Œuf de Bruche</i>	J0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Absence de moisissure/œuf ; (+) Présence visible de moisissure/œuf ; (++) Beaucoup de moisissure/œuf ; (+++) Totalement remplie de moisissure/œuf

**Tableau 5 : État des graines issues de structure de stockage non-hermétique**

		<i>Non-Hermétique</i>									
		<b>Infester</b>					<b>Non-Infester</b>				
		Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable	Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable
<i>Champignon</i>	J0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J60	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Œuf de Ruche</i>	J0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J30	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J60	++	-	-	-	+	+	+	-	+	

(-) Absence de moisissure/œuf ; (+) Présence visible de moisissure/œuf ; (++) Beaucoup de moisissure/œuf ; (+++) Totalement remplie de moisissure/œuf

#### 4.1.3. Populations d'insectes :

Le tableau 6 montre l'évolution de la population d'insectes dans le milieu hermétique. Il ressort qu'après 60 jours de stockage il n'y a plus d'insectes vivants dans les graines hermétiquement stockées.

Quant au tableau 7, elle renseigne sur l'évolution des insectes dans les structures non hermétiques. Une forte émergence d'insectes est observée dans les témoins par contre il n'y a qu'un petit nombre d'insectes survivants dans les stocks traités après 60 jours de stockage. On peut donc dire que les insectes survivent grâce à la circulation et au renouvellement d'oxygène dans les structures non hermétiques.

**Tableau 6: Population d'insectes vivants/morts dans les structures hermétiques**

		<i>Hermétique</i>									
		<b>Infester</b>					<b>Non-Infester</b>				
		Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable	Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable
<i>Insecte Vivant</i>	J0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0
	J30	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	J60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Insecte Mort</i>	J0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J30	19	22	20	20	15	0	2	0	0	0
	J60	20	22	21	20	20	0	2	0	0	0

**Tableau 7 :** Population d’insectes vivants/morts dans les structures non-hermétiques

		<i>Non-Hermétique</i>									
		<b>Infester</b>					<b>Non-Infester</b>				
		Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable	Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable
<i>Insecte Vivant</i>	J0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0
	J30	16	1	2	2	2	0	0	0	0	0
	J60	21	6	7	0	1	0	4	0	0	0
<i>Insecte Mort</i>	J0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J30	15	23	19	19	18	0	0	0	0	0
	J60	80	27	19	21	28	0	9	0	0	0

#### 4.1.4. Proportion de graines utilisables :

Les tableaux 8 et 9 décrivent respectivement les proportions de graines utilisables après les 60 jours de stockage dans les structures hermétiques et non-hermétiques. En ce qui concerne les structures hermétiques (tableau 8) on note une constante de l'état physique des graines dans toutes les modalités de stockage. Pour les structures non-hermétiques (tableau 9), les graines stockées avec un traitement sont quasi-stables ( $p > 99\%$ ) après 30 jours de stockage tandis qu'après 60 jours ; la proportion a commencé par décliner dans tous les stocks surtout dans les stocks non traités (90,37%).

**Tableau 8:** Proportion de graines utilisables issues des structures de stockage hermétiques

		<i>Hermétique</i>									
		<b>Infester</b>					<b>Non-Infester</b>				
		Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable	Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable
<i>Proportion utilisable (%)</i>	J0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	J30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	J60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tableau 9:** Proportion de graines utilisables issues des structures de stockage non-hermétiques

		<i>Non-Hermétique</i>									
		<b>Infester</b>					<b>Non-Infester</b>				
		Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable	Ctrl	Piment	Zest d'orange	Cendre	Sable
<i>Proportion utilisable (%)</i>	J0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	J30	98.92	99.37	100	99.67	100	100	100	100	100	100
	J60	90.37	99.15	99.88	99.35	99.53	99.81	99.79	99.92	100	99.92

#### 4.2. Discussions :

De l'expérimentation, il découle que le stockage hermétique ou stockage étanche est le stockage prometteur, système qui protège les grains des dommages causés par les insectes nuisibles ceci confirme les observations faites par Navarro et al., (1993). Le stockage hermétique fonctionne selon le principe d'une atmosphère modifiée bio-générée (Sanon et al., 2011), où la concentration en oxygène (O<sub>2</sub>) diminue considérablement tandis que le carbone les niveaux de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) augmentent proportionnellement (Quezada et al., 2006). Ceci est atteint par la respiration aérobie du grain, des insectes et moisissures (Moreno-Martinez et al., 2000).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Ableto, T.M. et Sodjedo, C. (2018). Inventaire des techniques et difficultés de conservation des semences de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*) au Bénin. Bénin, Fidjrossè : Mémoire de licence professionnelle, Université Polytechnique Internationale Dr. Obiang N'guema Mbasogo (UPI-ONM) ; 20 pp.
- Achigan, D.E.G. et Vodouhè, S.R. (2006). *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Marechal & Baudet. In: Brink M, Belay G, editors. Plant Ressources of Tropical Africa 1. Cereals and pulses. Wageningen: Backhuys Plubishers CTA, PROTA; pp 111-114.
- Acclassato, D. (2013). Ten Yen After the Maputo Declaration on and Agriculture and Food Security: An Assessment of Progress in West Africa Structure and content of country studies. ROPPA, 2pp.
- Adelusi, A.A. et Akamo, O.A. (2006). The combined effects of *Euphorbia heterophylla* Linn. and Nitrogen Fertilizer on the reproductive yield and competitive ability of *Macrotyloma geocarpa* (Harms) Marechal and Baudet. International Journal of Botany: Volume 2, Issue 1: 69-73.
- Adelusi, A.A., Akamo, O.A. et Makinde, A.M. (2006). Nitrogen fertilizer and weed (*Euphorbia heterophylla* Linn.) effects on the growth parameters of *Macrotyloma geocarpa* (Harms) Marechal & Baudet. International Journal of Botany 2(1): 74-82.
- Aho, N. et Kossou, K.D. (1989). Bioclimat et productivité du maïs dans les systèmes de cultures traditionnels. Premières observations sur le plateau Adja. Carrefour de la recherche, 5.1-24.
- Alli I., B. Gibbs, M. Okoniewska, Y. Konishi et F. Dumas, (1993). Identification and characterization of phaseolin polypeptides in a crystalline protein isolated from kidney beans (*Paseolus lunatus*). *J. Agric. Food. Chem.*, 41, 1830-1834.
- Amuti K. (1980) Geocarpa groundnut (*Kerstingiella geocarpa*) in Ghana, Economy Botany, 34 (4): 358-361.
- APHLIS, (2015). Africa Postharvest Losses Information System. Losses Tables; Estimated Postharvest Losses (%) 2003-2014. Regional PHL for Cereals (% of Total Annual Production). Disponible sur <http://www.aphlis.net/?form%4home>. (consulté le 08 Juin 2015).

- Aremu, M.O., Olaofe, O. et Akintayo, T.E. (2006). A comparative study on the chemical and amino acid composition of some nigerian under- utilized legume flours. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(1): 34-38.
- Assogba, P., Ewedje, E-E. B. K., Dansi, A., Loko, Y.L., Adjatin A., Dansi, M. et Sanni, A. (2015). Ingenious knowledge and agro-morphological evaluation of the minor crop Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* [Harms] Marechal & Baudet) cultivars of Benin.) cultivars of Benin.
- Bailey, A., Davidova, S. et Hazell, P. (2009). Introduction to the special issue "small farms: decline or persistence?" In: *Agricultural Economics* Volume 40, Issue s1 disponible sur <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2009> consulté le 16 septembre à 06hr 42min.
- Bampuori, A.H. (2007). Effect of traditional farming practices on the yield of ingenious Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* Harms) crop in the Upper West Region of Ghana. *Journals of Developments Sustainable Agriculture* 2: 128-144.
- Boivin M., A.R. Zinsmeister, V.L. Go, & E.P. DiMagno. (1987). Effect of a purified amylase inhibitor on carbohydrate metabolism after a mixed meal in healthy humans. *Mayo Clin. Proc.*, **62** (4), 249-255.
- Borget, M. (1989). *Les légumineuses vivrières tropicales*. Maisonneuve et Larousse, Paris. 162 p.
- Borus, D. J. et Bosch C. H. (2007). *Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique Tropicale*. Agropolis International.
- Buah, S., Huudu, A., Tanzubil, P., Ahiabor, B. Yakubu, S. et Abujuan, M.A. (2006). Kersting's groundnut cultivation manual, In: *Savannah Biodiversity Conservation Project Newsletter*, Musah, A.J. (Ed), pp 6-7.
- Butler, M. J. et Day, A. W. (1998). Fungal melanins: a review. *CJM* 44, 1115-1136.
- Cairns-Fuller, V., Aldred, D., Magan, N. (2005). Water, temperature and gas composition interactions affect growth and ochratoxin a production by isolates of *Penicillium verrucosum* on wheat grain. *J. Appl. Micro* 99, 1215e1221.
- Carbonaro M. (2006). 7S Globulins from *Phaseolus vulgaris* L.: impact of structural aspects on the nutritional quality. *Biosc. Biotechnol. Biochem.*, **70**, 602-603.
- Carson R. (2002). *Silent Spring*. Mariner Books. USA.
- Chevalier A. (1910a). Sur une nouvelle légumineuse à fruits souterrains cultivée dans le Moyen-Dahomey (*Voandzeia poissoni*), *C.R. Acad. Sri.*, 84-86.
- Chevalier A. (1910b). Nouveaux documents sur le voandzeia poissoni A. Clerc (*Kerstingiella geocarpa* Harms), *C.R. Acad. Sri.*, 1374-1376.
- Chevalier A. (1933). *Kerstingiella geocarpa*. *Rev. Bot. Appl. Agric. Trop.* 13, 705-711.
- Chougourou, D.C., Alavo, T.B.C., (2011). Systèmes de stockage et méthodes endogènes de lutte contre les insectes ravageurs des légumineuses à grains entreposées au Centre Bénin. *Revue CAMES - Série A*, 12 (2) : 137-141.
- Dako, A.E.G et Vodouhè, S.R. (2006). *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Marechal & Baudet. In: *Céréales et legumes secs*. PROTA Brink, M. and Belay, G. (eds) Wageningen, Netherlands.
- Dalziel J.M. et Coll. (1955). *The useful plants of west tropical Africa*, 3<sup>ème</sup> édition. CAOGA : 248.

- David, C. et al., (2005). Yield variation in organic winter wheat : a diagnostic study in the Southeast of France. *Agronomy for Sustainable Development*, 25pp. 213-223.
- De Groot, I. (2004). Protection des céréales et des légumineuses stockées. *Agrodok 18*, Fondation Agromisa, Wageningen. pp 274.
- De Groote H, Kimenju SC, Likhayo P, Kanampiu F, Tefera T, Hellin J. Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in Kenya. *J Stored Prod Res.* 2013;53:27–36. doi:10.1016/j.jspr.2013.01.001.
- Décolé, S. B. N., (1999). Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux, 61 p.
- Duc G. et al., (2010). Importance économique passée et présente des légumineuses : Rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. *Innovations agronomiques*, 11, pp. 1-24.
- Duke, J.A. (1981). *Handbook of legumes of world economic importance*. Plenum Press, New York, USA 345p.
- Duke, J.A., Okigbo, B.N. et Reed C.F. (1977). *Macrotyloma geocarpa*. *Trop. Grain Legume Bull.* 10 12-13.
- El-Sawaf S K. (1956). Some factors affecting the longevity, oviposition, and rate of development in the southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *F-Bull. Soc. Entomol. d’Egypte*, 40: 29- 95.
- Echendu, C.A., Obizoba, I.C. et Anyika J.U. (2009). Effects of germination on chemical composition of Grounbean (*Kerstingiella geocarpum* Harms) seeds. *Pakistan Journal of Nutrition* 8: 1849- 1854.
- FAO. (2009). *Insect pests of stored grains in hot climates*. <http://www.fao.org/giews/>. Consulté le 08 octobre 2009.
- Foua, B. 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.
- Friedman, M. (1996). Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 44: 6-2.
- Gbeho B.R. (2015). Problématique de stockage et de conservation du niébé (*Vigna unguiculata*(L.) Walp) dans le Département du Couffo : cas de la Commune d’Aplahoué au Bénin. Bénin, Abomey-Calavi : Rapport de fin de cycle de licence, Université d’Abomey-Calavi ; 2pp.
- Gepts P., (1990). Genetic diversity of seeds storage protein in plants. In: *Plants Population Genetics, Breeding and Genetics Resources*. A. Brown et al. (eds.), Sinaver, MA, USA, 64-82.
- Gepts P., V. Llaca, R. Nodari et L. Panella, (1992). Analysis of seeds protein isozymes and RFLPs for genetic and evolutionary studies in *Phaseolus*. In: *Modern methods of plants analysis*. H. Linskens & J. Jackson (eds), Springer-Verlag, new series, 14, 89-95.
- Giorni, P., Battilani, P., Pietri A. et Magan N. (2008). Effect of a<sub>w</sub> and CO<sub>2</sub> level on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production in high moisture maize post-harvest. *International Journal of Food Microbiology* 122: 109- 113.

- Glitho, I. A. (2001). Les bruchidae ravageurs de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de *Bruchidius* (Pic). Thèse de doctorat, Université de Tours. 100p.
- Gnacadja P.C. (1975). Les réponses du rat blanc et du ver de farine à la valeur nutritive des protéines de certaines légumineuses. Belgique : Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques : Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, 166pp.
- Grossi de Sa M. F., T.E. Mirkov, M. Ishimoto, G. Colucci, K.S. Bateman et M.J. Chrispeels, (1997). Molecular characterization of a bean alpha-amylase inhibitor that inhibits the alpha-amylase of the mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus*. *Planta*, 203 (3), 295- 303.
- Hall D.W. (1971). Manutention et emmagasinage des grains alimentaires dans les régions tropicales et subtropicales. *Bull. FAO*, 369 pp.
- IITA (1978). Genetic Ressources Unit Exploration. Rapport interne de l'IITA. Ibadan, Nigéria, 287p.
- Irvine F.R. (1969). Bambara groundnut (*Voandzea subterranea*). In : West African Crop. Vol. 2. Oxford University Press, Oxford, UK, 209-210.
- Jensen, E.S. *et al.*, (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review
- Kay D.E. (1979). Food Legumes. Tropical Products Institute, London, UK, 435p.
- 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, pp 19-25.
- Kossou K.D. et Samba F. (1984). Étude d'identification pour un programme de sécurité alimentaire et de politique nutritionnelle pour les pays de la CEDEAO. Département de l'agriculture, de l'industrie et des ressources naturelles, ECW/ADM 117-23, p. 72.
- Kossou K.D. et Aho N. (1993). stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux (principes et pratiques).
- Kotaru M., H. Yoshikawa, T. Ikeuchi, K. Saito, K. Iwami. et F. Ibuki, (1987). An alpha-amylase inhibitor from cranberry bean (*Phaseolus vulgaris*): its specificity in inhibition of mammalian pancreatic alpha-amylases and formation of a complex with the porcine enzyme. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 33 (5), 359-367.
- Kouelo A.F., Badou A., Houngnandan P., Francisco M.M.F., Gnimassoun C.J.B., Sochime D.J. (2012). Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 51 : 3625– 3632.
- Labeyrie V. (1992). Problèmes fondamentaux posés par les insectes des denrées. In : Foua-Bik & Philogène B.J.R., eds. Actes du séminaire international à Abidjan, Côte d'Ivoire, 29 janvier-1 février 1992, pp 9-14.

- Layer P., G.L. Carlson et E.P. DiMagno, (1985). Partially purified white bean amylase inhibitor reduces starch digestion in vitro and inactivates intraduodenal amylase in humans. *Gastroenterology*, 88 (6), 1895-1902.
- Layer P.R.A., A.R. Zinsmeister, G.L. Carlson et E.P DiMagno, (1986). Effect of a purified amylase inhibitor on carbohydrate tolerance in normal subjects and patients with diabetes mellitus. *Mayo Clin. Proc.*, 61 (6), 442-447.
- Lienard V. et Seck D. (1994). Review of methods used to combat *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae), destroyer of storage cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in tropical Africa. *Insect Science and its application*, 15(3): 301-311.
- MAEP (2014). Données sur l'évolution des principales cultures du Bénin.
- Marechal R. et Baudet J.C. (1977). Transfert du genre africain *Kerstingiella* Harms à *Macrotyloma* (WIGHT & ARN) Verdc. (Papilionaceae). *Bull. Jard. Bot. Natl Belg.* 47 : 49-52.
- Marshall J. J. & C. M. Lauda, (1975). Purification and properties of phaseolamin, an inhibitor of  $\alpha$ -amylase, from the kidney bean, *Phaseolus vulgaris*. *J. Biological Chem.*, 250 (2), 8030-8037.
- Mergeai G., (1993). Influence des facteurs sociologiques sur la conservation des ressources phylogénétiques, le cas de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet) au Togo. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, 28 (4): 487-500.
- Moreno J., T. Altabella & M.J. Chrispeels, (1990). Characterization of  $\alpha$ -amylase-inhibitor, a lectin-like protein in the seeds of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiol.*, 92, 703-709.
- Ndiaye (1999)