



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (BENIN)

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
(FSA)



MASTER PROFESSIONNEL GESTION DES RESSOURCES NATURELLES ET DE
LA BIODIVERSITE (RESBIO)



8^{ème} Promotion

Thème:

Évaluation de la diversité des insectes ravageurs de stock de la
lentille de Terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal &
Baudet] et identification des sources de résistance au Bénin.

Présenté par:

Fréjus EDAH

Superviseur

Co-superviseur

Pr. Dr. Ir. Achille E. ASSOGBADJO

Dr. Eric E. AGOYI

Composition du jury

Président : Prof. Achille E. ASSOGBADJO, Professeur Titulaire de
Foresterie, FSA-UAC, Bénin

Examineur : Dr. Hubert ADOUKONOU, Maître de Conférences des Universités de
CAMES, FAST-UAC, Bénin

Rapporteur : Dr. Eric AGOYI, FSA-UAC, Bénin

Année académique, 2016-2017

Certification

Je certifie que ce travail a été réalisé sous ma supervision par Monsieur EDAH Fréjus, étudiant à la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), en vue de l'obtention du Diplôme de Master Professionnel en Gestion des Ressources Naturelles et de la Biodiversité (RESBIO).

Le superviseur

Prof. Dr. Ir. Achille Ephrem ASSOGBADJO
Enseignant chercheur à l'UAC

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	iv
REMERCIEMENTS.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	vi
RESUMÉ	vii
Abstract.....	viii
CHAPITRE I : INTRODUCTION	1
1.1 Contexte et justification	1
1.2. Objectifs.....	3
1.3. Questions de recherche	3
CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE	4
2.1. Description et taxonomie de la Lentille de terre.....	4
2.2. Ravageurs des stocks de légumineuses.....	4
2.3. Facteurs contribuant à l'infestation des denrées stockées par les nuisibles.....	7
2.4. Méthodes d'identification et d'évaluation des insectes nuisibles de stocks	8
2.5. Moyens de lutte contre les nuisibles de stock.....	9
2.6. Méthodes de criblage pour la résistance aux insectes ravageurs de stocks	10
CHAPITRE III : MATÉRIEL ET MÉTHODES	12
3.1. Milieu d'étude.....	12
3.2. Collecte des données.....	12
3.2.1. Etude de la perception des commerçants sur les contraintes de stockage de la lentille de terre	13
3.2.2. Identification des insectes ravageurs	13
3.2.3. Évaluation de la résistance des accessions de la Lentille de terre contre <i>C. maculatus</i>	14
3.3. Traitement des données :	15
3.3.1 Etude de la perception des commerçants sur les contraintes de stockage de la lentille de terre	15
3.3.2. Identification des insectes ravageurs	15
3.3.3. Évaluation de la résistance des accessions de la Lentille de terre contre <i>C. maculatus</i>	16
CHAPITRE IV : RESULTATS.....	16
5.1. Perceptions sur les contraintes de conservation post récolte de la lentille de terre	16
5.1.1. Caractéristiques des enquêtés	16
5.1.2. Perceptions sur les dégâts causés par les nuisibles des graines de lentille de terre	17
5.1.3. La diversité des méthodes et moyens de lutte contre les nuisibles de stocks de la lentille de terre.	18

5.1.4. Relation entre localités et outils de stockage dans les différentes zones de commercialisation.....	19
5.1.5. Inventaire des insectes identifiés au laboratoire d'entomologie de l'IITA.....	20
5.2. Evaluation de la résistance de la lentille de terre contre l'infestation de <i>C. maculatus</i>	20
5.2.1. Performance des accessions de la lentille de terre pour la résistance contre <i>C. maculatus</i>	20
5.2.2. Répartition des accessions dans les différentes classes de résistance.....	21
5.2.3. Corrélation entre les différents paramètres de résistance des grains de la lentille de terre	22
CHAPITRE V : DISCUSSION	23
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	25
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	26

DEDICACE

À mon père EDAH Paulin, pour m'avoir donné le goût des études, s'être préoccupé de mon avenir par son soutien indéfectible, permis d'atteindre cette étape sur le chemin de ma formation académique et professionnelle.

A ma mère MEGAN Yéboude épouse EDAH pour ses conseils et son assistance.

REMERCIEMENTS

Je voudrais en premier lieu, rendre grâce à Dieu, le Tout Puissant qui, dans sa miséricorde, à veillé sur moi tout au long de ce travail.

J'exprime ma gratitude à l'endroit des projets Doyiwé et RUFORUM qui, grâce à leurs appuis technique, matériel et financier, ont facilité la conduite des présents travaux.

Mes remerciements vont également:

Au Professeur ASSOGBADJO Achille Ephrem pour sa disponibilité malgré ses nombreuses charges, sa rigueur dans la démarche scientifique et son sens aigu de recherche de perfection, ses conseils et son soutien moral ;

Au Dr AGOYI Eric, chercheur au Laboratoire d'Ecologie Appliquée de l'Université d'Abomey-calavi, pour ses grandes qualités scientifiques et son sens d'humanité que je salue en empruntant le terme populaire qui dit que la main qui vous aide à vous relever d'une chute est plus sincère que les mille autres mains qui vous saluent à l'arrivée ;

Au Dr AGBAHOUNGBA Symphorien, pour son soutien et ses conseils ;

Au Dr LALEYE Obafemi Fernand, chercheur au département de Biochimie et Biologie Cellulaire, pour son accompagnement ;

Au doctorant SODEDJI Fréjus, pour sa tempérance, sa patience, les sacrifices consentis et ses riches contributions à la réalisation du présent travail ;

A mes frères et sœurs, merci pour les soutiens de toute nature.

A mes amis, Dr NOUNAGNON Sourou Martial, MAMA Maxime, ZONDODE Serge, HOUEDE Fiacre, DOKOUI Jule, AGBALE Stanislas, SAYI Igor, AFFO Augustin qui ne m'ont pas marchandé leur soutien.

A toutes les personnes rencontrées sur le terrain, pour m'avoir favorablement accueilli et aidé sans réserve dans la collecte des informations.

Aux collègues de la 8^e promotion de Master RESBIO pour l'ambiance de bonne camaraderie favorable aux partages d'informations et aux échanges enrichissants qui a prévalu tout au long de l'année académique.

A tous les enseignants qui ont assuré ma formation au cours de cette étude de Master ;
Infiniment merci à tous ceux qui dans l'anonymat, ont favorisé, de près ou de loin, de quelque manière que ce soit, la réalisation de ce travail.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques socio-professionnelles des commerçants de lentille de terre	16
Tableau 2: Inventaire des insectes identifiés au laboratoire	20
Tableau 3: Analyse de variance de la performance des accessions de lentille de terre face aux paramètres de résistance.	20
Tableau 4: Coefficient de corrélation entre les paramètres utilisés pour déterminer la résistance des accessions de la lentille de terre contre les insectes bruches	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte des zones de commercialisation de la lentille de terre prospectées dans le cadre de l'étude.....	12
Figure 2: Analyse de variance sur les dégâts des insectes de lentille de terre	18
Figure 3: Diversité des méthodes de lutte contre les insectes nuisibles de lentille de terre	19
Figure 4: Analyse Factorielle des correspondances montrant les relations entre localités et outils de stockage.....	20
Figure 5: Répartition des 86 accessions dans les classes de résistance	21
Figure 6: Présentation des deux formes de <i>Callosobruchus maculatus</i> (Uttida, 1954).....	5
Figure 7: Echantillons de la lentille de terre collectés.....	13

RESUMÉ

Le stockage et la conservation des produits agricoles restent les seuls moyens pour assurer la disponibilité quasi permanente de ces denrées alimentaires saisonnières. Cependant, les grains stockés sont sujets à des infestations par des insectes et autres ravageurs. La présente étude a été conduite pour identifier la diversité des insectes nuisibles de stocks et des sources de résistance de la lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet] contre les bruches.

Une enquête a été réalisée auprès de 48 vendeurs et vendeuses de lentille de terre dans les marchés de Glazoué, Dassa, Djidja, Bohicon et Dantokpa au Bénin. Des échantillons de graines de lentille de terre ont été collectés auprès de ces commerçants pour inventorier les insectes qui constituent une menace pour la conservation de lentille de terre en stock. Des informations recueillies auprès des acteurs impliqués dans la production et la commercialisation de la lentille de terre, il ressort que malgré la diversité des produits chimiques ($P < 0,05$) utilisés dans les grandes zones de production et de commercialisation, les méthodes de lutte contre les nuisibles de la lentille de terre et les dégâts causés par ces derniers ne varient pas d'une région à une autre ni d'un commerçant à un autre ($P > 0,05$). L'identification des insectes nuisibles a révélé la bruche, *Callosobruchus maculatus* comme le plus important ravageur des stocks de lentille de terre. Il a été également constaté la présence de *Dinarmus basalis*, un des parasitoïdes du bruche dans les stocks de lentille de terre. Par ailleurs, quatre-vingt-six (86) accessions de lentille de Terre ont été criblées au laboratoire dans un dispositif de bloc aléatoire incomplet avec trois répétitions afin d'évaluer la résistance contre la bruche *C. maculatus*. Les paramètres évalués étaient le nombre de grains endommagés, le poids résiduel des grains, la perte de poids des grains, le pourcentage de perte de poids, la population d'insectes et l'indice de susceptibilité. Les accessions ont montré des performances significativement différentes ($P < 0,05$) pour le nombre d'œufs pondus par les bruches adultes, le nombre d'insectes F1s émergés des grains infestés, la période moyenne de développement des bruches, l'indice de susceptibilité, et le nombre de grains endommagés. Aucune différence significative n'a été observée entre les accessions pour la mortalité des insectes adultes, le pourcentage d'émergence des insectes, l'indice de croissance et le pourcentage de perte de poids. Deux accessions TK9-1 et Sag1, se sont révélées résistantes aux bruches et pourraient servir de lignées parentales dans les programmes d'amélioration génétique en vue de lutter efficacement contre les pertes post-récoltes de la lentille de terre.

Mots clés : Lentille de terre, insectes nuisibles de stocks, marchés, post-récolte

Abstract

Storage and conservation of agricultural produces remains the only way for ensuring the availability of seasonal foodstuffs throughout the year. However, stored seeds are liable to infestation by insects' pests. This study aimed to assess the diversity of storage insects' pests and identify the sources of resistance to bruchids for kersting's groundnut [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet]. Forty eight kersting's groundnut traders in markets across five townships of Benin were surveyed. Samples of kersting's groundnut grains were collected from the respondents to assess diversity of the storage insect pests. Results showed that despite of the diversity of chemicals ($P < 0.05$) used in the major production and marketing areas, the damage of the storage insects' pests and their management methods do not vary from one region to another, neither it varies among respondents ($P > 0.05$). Bruchid (*Callosobruchus maculatus*) was the most important damaging storage insect pest for kersting's groundnut in Benin. It was also noticed the presence of *Dirnamus basalis* a parasitoid of *C. maculatus*.

Eighty-six (86) accessions of kersting's groundnut were screened for resistance to *C. maculatus*. The parameters measured include number of damaged seeds, number of undamaged seeds, seed weight residual, seed weight loss, percentage of loss and Dobie susceptibility indice. Results showed significant difference in the performances ($P < 0.05$) of the accessions for parameters such as number of eggs laid, the number of F1s insects emerged from infested grains, the average development period of the insects, the susceptibility index, and the number of damaged grains. No significant difference was observed among accessions for adult insect mortality (ADMorta), percentage of emerged insect (%EmAdult); growth index and percentage of weight loss.

Two accessions, TK9-1 and Sag1 exhibited resistance to bruchid which could be used as parental lines for developing improved varieties to effectively control post-harvest losses in kersting's groundnut.

Key-words: *Macrotyloma geocarpum*, insect pest of storage, market, post-harvest

CHAPITRE I : INTRODUCTION

1.1 Contexte et justification

La lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet) est une légumineuse annuelle originaire de l'Afrique de l'Ouest (Akouegninou *et al.*, 2006). Elle est résistante à la sécheresse, très adaptée à la zone agro-écologique soudano-guinéenne et aux savanes (Bampuori, 2007).

Au Bénin, la production de la lentille de terre est particulièrement concentrée au centre du pays dans les départements du Zou et Collines et par endroits dans le département de plateau (Assogba *et al.*, 2015). La lentille de terre est la troisième légumineuse cultivée à gousses souterraines au Bénin après l'arachide et le voandzou (Agoyi *et al.*, 2019). Elle est connue sous des appellations qui varient selon les ethnies ; "Doyi" en Fon et Mahi et "Atchaka" chez les Nagots et Idatcha (Assogba *et al.*, 2015). La lentille de terre est essentiellement cultivée pour la vente en raison de la grande valeur économique de ses graines (2 à 5 fois le prix du riz) (Dansi *et al.*, 2012), son prix peut monter allant jusqu'à 3000 à 3500 f CFA (Agoyi *et al.*, 2019).

Les graines de la lentille de terre constituent un aliment très prisé et apprécié des consommateurs à cause de son goût agréable et de sa forte teneur en protéine (25%) comparativement au voandzou (12,1%) et au niébé (7,1%) (Aremu *et al.*, 2006). Les graines de la lentille de terre combinées avec le maïs (ratio 70 : 30) constitue un aliment riche en nutriments comparativement aux maïs seul, et peut être utilisé comme une nourriture de sevrage dans l'alimentation des enfants (Oyetayo *et al.*, 2005). Les graines peuvent être utilisées comme compléments alimentaires dans la lutte contre la malnutrition infantile (Chickwendu, 2007 ; Dansi *et al.*, 2012). En médecine traditionnelle, les feuilles de la lentille de terre sont utilisées comme déparasitant et aussi dans le traitement d'autres maux comme la dysenterie, les maladies vénériennes, la fièvre et le diabète (Assogba *et al.*, 2015). L'eau de cuisson des graines de la variété noire, consommée tiède, soigne la diarrhée et autres maux de ventre (Kouelo *et al.*, 2012). La poudre de graines sèches mélangée avec de l'eau ou avec de la bière de mil local serait utilisée comme émétique en cas d'empoisonnement (Amuti *et al.*, 1980). Sur le plan culturel, l'utilisation des graines, surtout celles de couleurs noires dans les rituels a été rapportée au Bénin (Ologou *et al.*, 2015).

Malgré son potentiel nutritionnel et la rentabilité économique de sa production (plus que toutes les autres légumineuses graines au Bénin), la lentille de terre est cultivée seulement à petite échelle (Dansi *et al.*, 2012). De plus, la production de la lentille de terre a diminué allant de 2358 tonnes en 2005 à 1050 tonnes en 2010 (MAEP, 2011). Ayenan *et al.* (2016) ont rapporté

une tendance baissière voir un déclin graduel de sa culture dans certaines régions du Bénin et ceci à cause des contraintes qui minent la production. Il s'agit principalement de la pénibilité des opérations de production, le faible rendement, le manque de variétés améliorées pouvant résister aux divers stress abiotiques et biotiques, et adaptées aux besoins des producteurs (Dansi *et al.*, 2012). En effet, très peu d'efforts de recherche ont été consentis à cette culture qui est souvent reléguée au second plan dans les politiques agricoles (Dansi *et al.*, 2012 ; Ayenan *et al.*, 2016). Ceci pourrait contribuer à la perte de la diversité locale de la lentille de terre si rien n'est fait.

Par ailleurs, à l'instar des légumineuses graines, la lentille de terre en stockage est sujette à l'attaque des insectes qui non seulement réduit la qualité nutritionnelle et valeur marchande des graines mais aussi leur pouvoir germinatif (Worou *et al.*, 2016). Ainsi, certains producteurs sont obligés de vendre leur production aussitôt après la récolte car n'arrivent pas à les conserver sur une longue durée afin de bénéficier de la hausse du prix de la denrée sur le marché en période de pénurie (Ayenan *et al.*, 2016). Dans certaines régions, les producteurs font recours aux pesticides synthétiques pour contrôler les insectes nuisibles des stocks, ceci sans tenir compte des risques de santé publique, de dégradation de l'environnement, et d'extinction des réserves fauniques et floristiques (Ayelo *et al.*, 2015). De plus, il existe très peu d'informations sur la diversité des insectes nuisibles de stocks de la lentille de terre ainsi que l'envergure de leurs dégâts. Les travaux de Worou *et al.* (2016) ont révélé la présence des insectes tels que *Dinarmus basalis* Rond, *Callosobruchus maculatus* et *Sitophilus* sp. au niveau des échantillons de lentille de terre collectés dans les marchés du Sud-Bénin et qui ont causé des pertes en poids allant de 1,4 à 4,1% pour un mois et demi de stockage. Ceci ne nous dit pas lequel des insectes cause plus de dégâts sur la lentille de terre, ni ne relate des sources potentielles de résistance à ces nuisibles.

L'utilisation de variétés résistantes est globalement reconnue comme une mesure effective et durable dans la gestion des insectes nuisibles aux cultures et produits de récolte. Cette mode de gestion a été utilisée avec le *Callosobruchus chinensis* pour évaluer 498 lignées de soja en Ouganda (Msiska *et al.*, 2018). L'identification d'accessions de lentille de terre résistantes aux insectes nuisibles de stocks permettrait de maintenir la qualité nutritionnelle des graines stockées pour la consommation, maintiendrait leur valeur marchande mais aussi la qualité des semences pour la relance de la filière de la Lentille de terre au Bénin. La présente étude, intitulée " Evaluation de la diversité des insectes ravageurs de stock de la lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Mauréchal & Baudet] et identification des sources de résistances " vise à

combler ce manque d'informations scientifiques et fournir des outils de décision aux programmes d'amélioration génétiques visant la résistance aux nuisibles de stocks.

1.2. Objectifs

L'objectif global de cette étude est de contribuer à la gestion durable des insectes nuisibles aux graines de la lentille de terre (*M. geocarpum*) en stockage.

De façon spécifique, il s'agira de :

OS1: évaluer les perceptions des commerçants et la diversité des insectes nuisibles de stocks de la lentille de terre.

OS2 : identifier des sources de résistance au plus important nuisible au sein de la collection locale d'accessions de la lentille de terre.

1.3. Questions de recherche

QR1 : Quelle sont les perceptions des commerçants et la diversité des insectes de la lentille de terre en stock au Bénin ? Lequel des insectes nuisibles cause plus de dégâts ?

QR2 : Y a-t-il une différence significative dans la réponse des différentes accessions de la lentille de terre contre l'attaque de *C. maculatus*?

1.4. Hypothèses

H1 : la diversité des insectes nuisibles varie selon les zones de commercialisation et de production de la lentille de terre.

H2 : la résistance des accessions de la lentille de terre contre le nuisible est fonction du type d'accession de la lentille de terre.

CHAPITRE II : REVUE DE LITTÉRATURE

2.1. Description et taxonomie de la Lentille de terre

La lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*) est une plante herbacée annuelle ($2n = 22$) à tige rampante, dont le fruit, comme celui de l'arachide pousse dans le sol par la croissance du gynophore (Mergeai, 1993). Elle possède des entrenœuds longs ; des folioles terminales allant jusqu'à 3,5 cm de long, des pétioles courts de 2 à 8 mm et une gousse contenant un à deux graines (Akouègninou *et al.*, 2006). Elle est une espèce particulièrement adaptée aux zones sèches et peut prospérer sous des précipitations aussi basses que 500-600 mm, bien réparties sur 4 à 5 mois (Mergeai, 1993).

Étymologiquement, l'appellation *Macrotyloma* provient du grec *makros*=grand, gros, *tylos*=bouton et *loma*=marge, en référence aux points de suture observés sur les gousses (Mergeai *et al.*, 1993). La lentille de terre appartient au Règne des Végétaux, la Classe des *Magnoliopsida*, l'Ordre des *Fabales*, la Famille des *Fabacées* ; la Tribu des *Phaseoleae*, le Genre des *Macrotyloma* (Mergeai *et al.*, 1993). Le genre *macrotyloma* compte 25 espèces dont Certaines espèces, notamment *Macrotyloma uniflorum* et *Macrotyloma geocarpum*, sont cultivées en particulier en Inde et en Afrique pour leurs graines consommées comme légumes secs ou comme plantes fourragères (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Macrotyloma>).

2.2. Ravageurs des stocks de légumineuses

Les travaux de Worou *et al.* (2016) au Bénin ont montré la présence de 11 espèces d'insectes au niveau des stocks du niébé, du voandzou et de la lentille de terre au Bénin. En ce qui concerne la lentille de terre, trois espèces d'insectes ont été identifiées comme des insectes de stock. Il s'agit de *Dirnamus basalis* rond ; *Callosobruchus maculatus* et *Sitophilus* sp :

Callosobruchus maculatus est un insecte dont les mâles sont en général de petite taille alors que les femelles sont de grande taille (Glitho *et al.*, 1988). La durée du cycle de développement dépend de la température. Les œufs de *callosobruchus maculatus* sont de forme ovoïde et mesurent de 0,4 à 0,7 mm de long sur 0,3 à 0,4 mm de large. Lorsque la femelle dépose les œufs sur la surface de la graine, ils s'aplatissent légèrement sur ce substratum auquel ils adhèrent grâce à un liquide expulsé par la femelle en même temps que les œufs (Utida *et al.*, 1981). Les températures moyennes inférieures à 17°C ou supérieures à 37°C ne permettent pas son développement (Howe et curie, 1964). Aussi les paramètres biologiques de *C. maculatus* montrent que quelle que soit la souche, plus de 96% des œufs sont pondus pendant les quatre premiers jours de l'infestation (Moumouni *et al.*, 2013). A la sortie de l'œuf, la larve 1 ou larve

de premier stade apparait toujours à l'endroit de dépôt de l'œuf. Elle est de type chrysomélien et reste à l'intérieur de l'œuf, protégée par le chorion pendant 24 à 48 heures puis elle commence à perforer le tégument de la graine pour y pénétrer (Moumouni *et al.*, 2013). Une autre caractéristique de *C. maculatus* est l'existence de deux formes (la forme non-voilière ou normale et la forme voilière) qui se distinguent tant par la coloration de leurs élytres, leur aptitude au vol et leur fécondité (Utida, 1981). La forme non-voilière ou normale est caractérisée par un pigydium pigmenté chez la femelle et peu tacheté chez le mâle (Moumouni *et al.*, 2013). Les individus ayant cette forme ont un muscle alaire atrophié et par conséquent, ils sont incapables de voler (Ouédraogo, 1991). De plus elle s'adapte bien aux conditions de stockage et présente une fécondité plus élevée 60 à 100 œufs par femelle avec une durée de vie allant de 6 à 8 jours (Utida, 1954) tandis que la forme voilière ou active a un abdomen clair chez la femelle et les élytres sont tachetés chez le mâle. Les individus de cette forme sont rencontrés dans la nature et constitue la forme d'infestation des cultures de niébé dans les champs. De plus elle est caractérisée par une faible fécondité, en moyenne deux œufs par femelle avec une durée de vie de 1 mois et en général les mâles sont de petite taille que les femelles. (Glitho *et al.*, 1988).

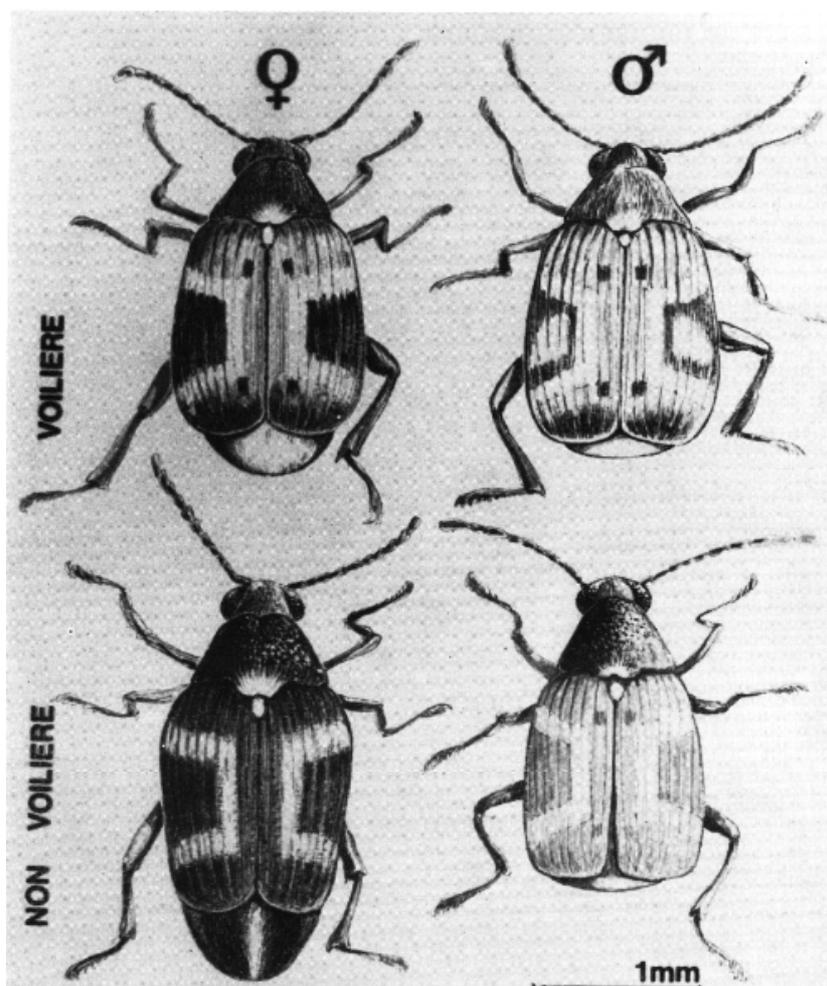


Figure 5 : Présentation des deux formes de *Callosobruchus maculatus* (Uttida, 1954).

Dirnamus basalis rond est le parasite de *Callosobruchus maculatus*. Il a une grande aire de répartition et parasite les larves et les nymphes de différentes espèces de bruches dont les principaux genres sont *Acanthoscelides*, *Callosobruchus*, *Bruchidius* et *Zabrotes* (Rasplus, 1989). *D. basalis* est également un ectoparasitoïde solitaire. L'œuf de *D. basalis*, est de forme oblongue et ne porte aucun pédicelle. Le chorion de l'œuf est recouvert de nombreuses protubérances adhésives assurant son maintien sur le tégument de l'hôte. L'éclosion de la larve néonate intervient entre 24 et 32 heures après la ponte des œufs. Il comporte trois stades larvaires et un stade nymphal. Les mâles émergent en moyenne 1 jour avant les femelles (Gomez-Alvarez, 1980).

Sitophilus sp. est un insecte de la famille des curculionidés, famille caractérisée par la présence d'un long bec ou rostre. L'adulte mesure 2,5 à 4,5 mm, de couleur brune à brun noirâtre avec quatre grosses tâches orangées sur les élytres qui sont ponctuées et striées. Il existe une diversité de *Sitophilus* sur chaque culture donnée (Pascoe *et al.*, 1885). Chaque femelle peut déposer

trois cent à quatre cent œufs, et ainsi infester autant de grains. Elle creuse un trou dans le grain à l'aide de son rostre afin d'y pondre un ou plusieurs œufs puis le rebouche à l'aide de sécrétions, Une fois l'œuf éclos, la larve se nourrit de l'intérieur du grain entraînant une perte énorme de production (Schönherr, 1838). Le *sitophilus* est un insecte ravageur des céréales en stock, dont les larves se développent à l'intérieur des grains. Il attaque non seulement le maïs, mais également d'autres céréales, telles que Blé, riz, sorgho, maïs (Pascoe *et al.*, 1885).

2.3. Facteurs contribuant à l'infestation des denrées stockées par les nuisibles

Plusieurs facteurs influencent l'infestation des denrées stockées par les nuisibles. Selon Tipples (1995) la température, l'humidité relative, la composition de l'atmosphère inter granulaire, la durée de stockage entraînent des interactions complexes entre variables abiotiques et composantes de l'écosystème du grain stocké. Les facteurs, imposés par le milieu extérieur, conditionnent les causes d'altération des grains et influencent, énormément, le développement des insectes au niveau des denrées stockées (Cangardel, 1978). Ainsi la durée de stockage peut d'une part favoriser la création d'une zone propice à l'altération à la mise en place des réactions chimiques de dégradation du stock (Worou *et al.*, 2016). La température est l'un des facteurs déterminants du développement des organismes vivants (Kouassi, 1991). Les insectes tropicaux les plus nuisibles ont besoin pour leur développement d'un optimum de température de 28°C et un minimum de 15°C (Kouassi, 1991). C'est le cas par exemple du *C. maculatus* dont la durée du cycle de développement dépend de la température (Ouédraogo, 1978). Les températures moyennes inférieures à 17°C ou supérieures à 37°C ne permettent pas son développement (Howe et curie, 1964). La durée de développement de *C. maculatus* depuis l'œuf jusqu'à l'adulte varie de trente-deux (32) à quarante-huit (48) jours à une température de 20 °C alors qu'elle n'est que de vingt-deux (22) à trente-deux (32) jours quand la température est à 29 °C (Ouédraogo, 1978). L'humidité agit également sur le développement des insectes ravageurs des denrées en stock, mais à un degré moindre comparativement à la situation décrite dans le cadre de la température (Kouassi, 1991). En dehors des facteurs de l'environnement ambiant considérés, la destruction des stocks peut aussi être due à la teneur en eau des grains au moment du stockage (Kayinamura, 1981) en ce sens qu'une forte teneur en eau de ces derniers favorise la mobilité de leurs différents éléments constitutifs, donc permet un meilleur contact enzyme-substrat, point de départ des réactions de dégradation interne (Multon, 1982). De même, tout comme les autres facteurs, la teneur en eau influence aussi la survie et le développement des ravageurs chez l'hôte (Cangardel, 1978). On note une mortalité de 10 % des adultes de *Sitophilus Orizae* après 10

jours de séjour dans des grains à 8,5 % de teneur en eau (Ducom, 1980, Farjan, 1983). De même, Steffan (1978) montra que les teneurs en eau inférieures ou égales à 11 % sont impropres au développement de *S. oryzae*.

2.4. Méthodes d'identification et d'évaluation des insectes nuisibles de stocks

Le choix d'une bonne technique d'identification des insectes nuisibles de stocks et celle d'évaluation des dégâts causés par ces derniers sont primordiaux pour le développement des variétés résistantes. Worou *et al.* (2016) ont basé leur méthode sur la collecte des insectes nuisibles provenant des échantillons des grains infestés au niveau des stocks des commerçants de lentille de terre qu'ils ont complétée, sur une période de six (6) semaines de stockage, par une évaluation hebdomadaire de l'incidence et de l'étendue des dégâts causés par les différents insectes. Dans ce protocole, le comptage des insectes est fait à la loupe binoculaire et ils sont identifiés à l'aide du petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest (Fadohan *et al.*, 2005). Sur cette base, les résultats ont révélé la présence de trois (3) principaux ordres d'insectes ravageurs de lentille de terre [les Lépidoptères, les Coléoptères et les Hyménoptères (regroupant les insectes bénéfiques)]. Les Coléoptères majoritaires étaient représentés par six (6) familles alors que les Lépidoptères et les Hyménoptères étaient respectivement représentés par une seule famille chacun. Un Coléoptère est formé du préfixe « coléo » signifiant « étui » ce sont des insectes dont une paire d'aile est en étui. Cet Ordre comprend : les coccinelles, les charançons, les scarabées, les ténébrions et les capricornes, etc. un lépidoptère est constituées des ailes recouvertes d'écailles. Il s'agit des papillons et un hymeénoptère est formé du grec « hymên » mariage et « pteron » ailes dont les ailes antérieures et postérieures sont en effet réunies par de petits crochets). Ils possèdent deux paires d'ailes reliées les unes aux autres. Elles peuvent être disposées à plat sur le dos (abeilles) ou le long du corps (guêpes). Certaines espèces (fourmis) ne portent pas des ailes (Fadohan *et al.*, 2015).

Cette méthode d'identification est similaire à celle utilisée par Waongo *et al.* (2013) dans l'étude portant sur la conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso.

Worou *et al.* (2016) ont utilisé cette technique sur les échantillons de grains (maïs, voandzou, niébé et lentille de terre) en stocks et ont enregistré des pertes occasionnées par les insectes ravageurs variant de 1 à 23,96% selon le type de denrée stockée et la durée du stockage.

Une autre technique d'évaluation des dégâts occasionnés consiste à déterminer le pourcentage de grains infestés dans des échantillons de 100 grains (Badii *et al.*, 2011). Les dégâts causés et les pertes induites sont calculés et exprimés respectivement en pourcentage de poids et en pourcentage de grains selon les formules mathématiques suivantes :

Taux de perte de poids = $\frac{\text{poids initial} - \text{poids final}}{\text{poids initial}} * 100$, avec le poids initial égal au poids au début du stockage

Taux de dégât = $\frac{\text{nombres de grains abimés}}{\text{nombres de grains tirés}} * 100$

2.5. Moyens de lutte contre les nuisibles de stock

Différents moyens sont utilisés dans la lutte contre les insectes nuisibles des denrées stockées. Ils comprennent la lutte chimique ; la lutte biologique et la lutte physique.

La lutte chimique consiste à l'utilisation des produits chimiques de synthèse communément connue sous le nom d'insecticides pour réduire la pression parasitaire ou des nuisibles sur les denrées. Au nombre de ces insecticides, on peut citer :

La phosphorine (PH₃) couramment utilisée dans les pays chauds comme le fumigant (Howe, 1978 ; Hindmarsh *et al.*, 1978), s'avère très efficace contre les œufs et les larves de *C. maculatus* (Singh *et al.*, 1990). les composés monochlorés (DDT et lindane qui sont très efficaces contre *C. maculatus* mais très toxiques pour l'homme), les composés organophosphorés comme malathion, pirimiphos-méthyle, chlorpyrifos-méthyle et dichlorvos. Le pirimiphos-méthyle se révèle le plus efficace pour lutter contre la bruche de niébé (Pierrard, 1984). Ces produits sont parfois très peu efficaces et leurs utilisations exposent les usagers à des risques sanitaires. Selon Amelle Rochat *et al.* (2013), au Bénin sophagrain est le plus important produit chimique utilisé et est un pyrrolinoïde synthétique qui est mis dans un petit sac et enfouit dans le magasin de stockage.

La lutte physique consiste pour les producteurs et/ou les commerçants à recourir à des opérations telles que le séchage, le tamisage, le triage, et parfois le vannage (surtout en ce qui concerne le maïs) pour préserver les denrées stockées des attaques des nuisibles (Worou *et al.*, 2016). Ces opérations sont complétées par *l'insolation* qui est le plus souvent effectuée avant le stockage des récoltes (Gueye *et al.*, 2011). Elle permet d'achever le séchage et de faire fuir ou de tuer les insectes grâce à la chaleur et à l'incidence directe des rayons solaires. Des essais conduits sur niébé ont donné une mortalité totale des bruches *C. maculatus* et *C. subinnotatus* au bout de 6 h d'exposition à 50 °C (Lale *et al.*, 2003).

La lutte biologique quant à elle, consiste à utiliser des prédateurs ou des parasitoïdes connus sous la désignation d'ectoparasitoïdes nympholarvophages afin de limiter les dégâts dans les stocks. Les insectes parasitoïdes constitués essentiellement des Diptères et des Hyménoptères sont souvent utilisés comme facteurs de régulation des populations d'insectes phytophages (Bouletreau, 1998). Les trois espèces d'ectoparasitoïdes nympholarvophages suivantes: le *Dinarmus basalis* Rond. (Pterommaliidae), *Eupelmus orientalis* Craw. (Eupelmidae) et *E. vuilleti* (Eupelmidae) peuvent à elle seules, parasiter jusqu'à 90% des larves de *C. maculatus* présentes dans un stock de niébé et réduire de façon drastique la population des ravageurs (Bolevana *et al.*, 2006). La lutte biologique peut utiliser d'autres techniques comme par exemple: le stockage hermétique de graines de niébé combiné à l'ajout de fruits de *Boscia senegalensis* à $1,2 \text{ g l}^{-1}$ (poids échantillon/volume enceinte) réduit l'émergence de *C. maculatus*, tandis qu'une concentration de $2,4-4,8 \text{ g l}^{-1}$ inhibe complètement l'avènement d'une nouvelle génération (Seck *et al.*, 1996). L'utilisation des variétés résistantes se révèle être le moyen le plus efficace pour lutter contre les insectes ravageurs de stocks (Worou *et al.*, 2016). La résistance des variétés s'apprécie aux moyens des éléments caractéristiques tels que : la rugosité de la surface, le poids et la dureté des grains.

Le respect des normes admises pour ces trois (3) caractéristiques, peut réduire les pertes dues à *C. maculatus* à cause du faible taux de multiplication et de croissance de sa population (Sulehrie *et al.*, 2003).

Les techniques de lutte traditionnelles utilisées par les producteurs dans la zone d'étude sur les légumineuses à grain entreposés sont les méthodes de lutte préventives ou parfois curatives en se servant de produits naturels tels que le sable ou la cendre et parfois le mélange des deux derniers et l'utilisation de sable fin pour la conservation (Chougourou *et al.*, 2011).

2.6. Méthodes de criblage pour la résistance aux insectes ravageurs de stocks

Une méthode de criblage est couramment utilisée pour la résistance aux ravageurs. Il s'agit d'une méthode utilisée dans les laboratoires pour sélectionner les génotypes propices pour la résistance aux nuisibles de stocks (Kanayo *et al.*, 1995). Dans cette méthode, les échantillons sont normalement placés dans des bocaux où des insectes d'âge et de sexe connus sont introduits et autorisés à pondre des œufs. Les dommages sont évalués après une période prédéterminée (Davey, 1965). C'est une méthode d'essai qui permet de mesurer l'antibiose où les mesures de la période moyenne de développement, le nombre d'insectes qui émergent et les pourcentages de perte de poids des grains sont évalués. Ces paramètres peuvent, par la suite être utilisés pour calculer les indices de susceptibilité. Cette méthode a été pratiquée dans le cadre de différents

travaux pour évaluer la résistance des accessions de légumineuses graines comme le niébé (Dobie, 1977), le soja (Musa *et al.*, 2018) contre le charançon et/ou des bruches. Cette méthodologie a été utilisé par (Dobie, 1977) pour évaluer sept (7) accessions de niébé contre le *Callosobruchus maculatus* en regroupant les accessions de niébé suivant cinq classes de résistances selon les valeurs de l'Indice de Susceptibilité (IS) suivant plusieurs intervalles : si $IS < 4.1$, l'accession est considérée comme très résistante, si IS est compris entre [4,1- 6], l'accession est considérée comme modérément résistante , si IS est compris entre [6,1-8], l'accession est considérée comme modérément susceptible , si IS est compris entre [8,1- 10], l'accession est considérée comme susceptible et si $IS > 10$ l'accession est considérée comme très susceptible. Les résultats de cette étude ont montré que toutes les accessions sont relativement susceptibles à l'attaque de *C. maculatus* dans les stocks. De même le plus important ravageurs de stock dans notre étude sera utilisé dans le cadre de la présente étude pour évaluer la résistance des accessions de la lentille de terre.

CHAPITRE III : MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Milieu d'étude

L'étude s'est déroulée dans 5 grandes zones de production et de commercialisation de la lentille de terre au Bénin. Il s'agit de Glazoué ; Dassa ; Djidja ; Bohicon ; Cotonou (Figure 5). Ces zones ont été choisies parce qu'elles abritent les plus grands marchés de commercialisation de la lentille de terre.

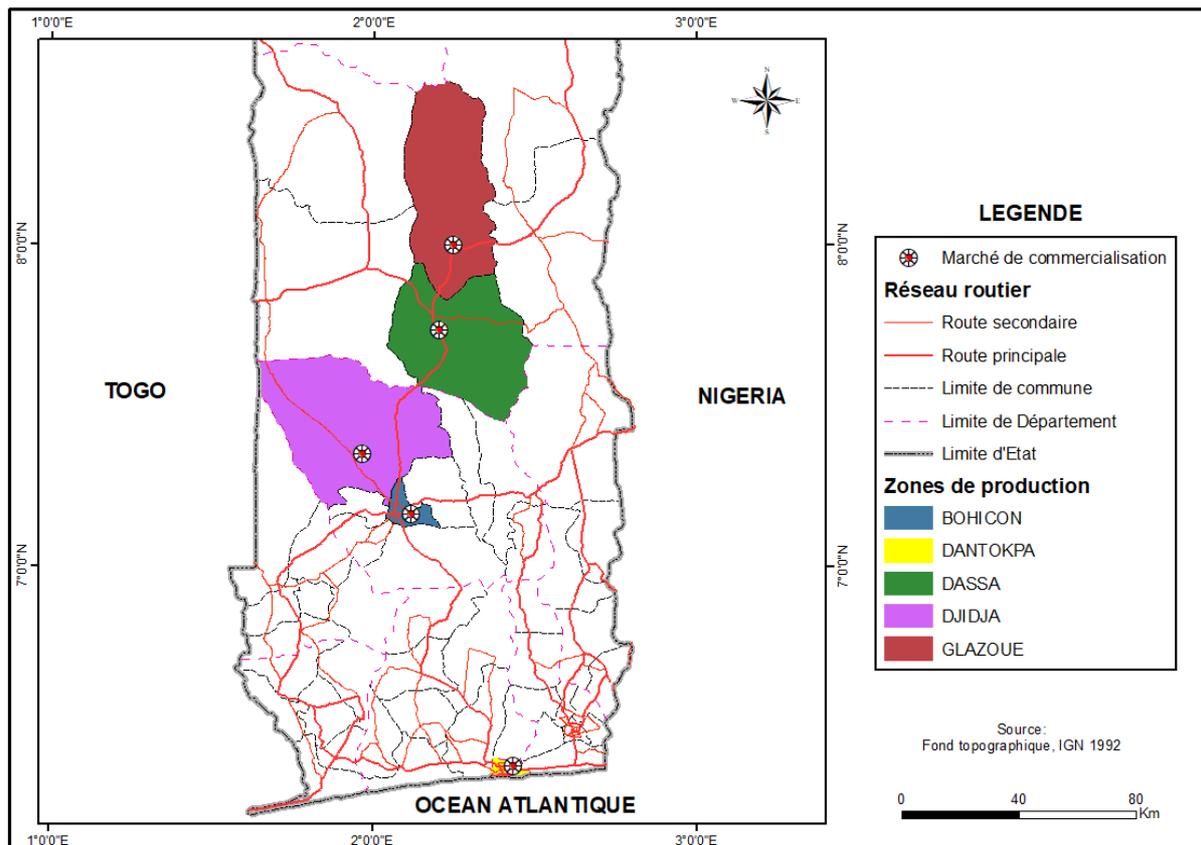


Figure 1: Carte des zones de commercialisation de la lentille de terre sillonnées dans le cadre de l'étude

3.2. Collecte des données

Pour collecter les données sur l'identification des insectes et le criblage des accessions de lentille de terre nous avons utilisé une série de matériel dont : une boîte en plastique, des mousselines qui ont servi de couverture pour les boîtes en plastique, la loupe, les tamis à différente maille, deux couples de la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*), 86 accessions de la lentille de terre provenant du Bénin et les boîtes de pétrie. L'identification des insectes a été effectuée à l'insectarium de l'Institut Internationale Tropicale Agricole (IITA),

tandis que le test de criblage a été effectué au Laboratoire d'Écologie Appliquée (LEA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin.

3.2.1. Etude de la perception des commerçants sur les contraintes de stockage de la lentille de terre

Une enquête a été réalisée auprès des commerçants et commerçantes de la lentille de terre au moyen d'un questionnaire semi-structuré (annexe 1). Le questionnaire a permis de déterminer les caractéristiques socioéconomiques des enquêtés ; le mode de stockage et les ravageurs de stocks (voir questionnaire en annexe). Dix (10) étalages de vente de légumineuses graines ont été prospectés dans chaque marché sauf à Djidja où il n'y en avait que 8. Au total 48 commerçants de lentille de terre ont été interviewés dans les cinq grandes zones de commercialisation identifiées.

Des échantillons de grains de lentille de terre ont été systématiquement prélevés sur chacun des étalages prospectés de façon à pouvoir disposer d'un échantillon relativement large servant de base d'appréciation de la diversité et de l'incidence des insectes nuisibles de stock. Au niveau de chaque étalage les prélèvements ont été faits à trois différents niveaux ; en haut, au milieu et en bas du stock en vue d'avoir un niveau d'infestation proche des conditions de stockage (Worou *et al.*, 2016).

3.2.2. Identification des insectes ravageurs

Les graines prélevées sur chaque étalage ont été mélangées pour faire un échantillon composite par localité, dont trois cents grammes (300 g) a été prélevé et mis dans une bouteille en plastique transparente (Photo 2) afin de suivre l'émergence des insectes nuisibles. Les bouteilles ont été fermées par des mousselines pour permettre l'aération et empêcher toute sortie et/ou entrée d'insectes (Photo 2).

Des insectes provenant des différents échantillons de 300 g préalablement stockés ont été inventoriés de façon hebdomadaire (Worou *et al.*, 2016) sur une période d'un mois et demi (45 jours). Pour cela le contenu de chaque bouteille est tamisé à l'aide d'un tamiseur de marque Retsch As200 constitué de quatre tamis de mailles respectives 0,045 mm, 0,09 mm, 0,5 mm et 1 mm.



Figure6: Echantillons de la lentille de terre collectés

3.2.3. Évaluation de la résistance des accessions de la Lentille de terre contre *C. maculatus*

- ***Elevage de masse de l'insecte nuisible***

Les insectes ont été élevés dans le laboratoire d'entomologie de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA). Les parents adultes d'insectes sont obtenus des graines collectées en milieu paysan. L'élevage en masse a été effectué dans des bocaux en plastiques, contenant environ 100 g de graines, dans lesquels ont été ajoutés cinq couples de *C. maculatus* (le plus important nuisible identifié dans l'étude précédente) pour l'infestation (Badii *et al.*, 2011). Les bocaux ont été ensuite laissés à la température ambiante et couverts avec du mousseline pour permettre l'aération, empêcher d'autres contaminations et la sortie des insectes (*C. maculatus*). Quatre jours après, les insectes adultes sont retirés (Moumouni *et al.*, 2013) et les grains infestés ont été laissés en incubation jusqu'à l'émergence d'une nouvelle génération. A l'émergence, les boîtes d'élevage ont été tamisées afin d'éliminer les insectes émergés. 24h après, Le contenu des boîtes est tamisé pour l'obtention des adultes âgés de 24 heures utilisés pour le test de criblage.

- ***Test de criblage de résistance de la LT à l'infestation de C. maculatus***

Quatre-vingt-six (86) accessions de lentille de terre de diverses origines (annexe 2) sont incluses dans le test de criblage de résistance contre *C. maculatus*. L'expérimentation a été installée dans un dispositif de bloc aléatoire incomplet à 4 répétitions. Toutes les accessions ont été emballées séparément dans des sacs en polyéthylènes et désinfectés dans un congélateur à -18 °C pendant deux semaines afin d'éliminer toute germe de contamination et les insectes. Trois jours avant leurs utilisations dans les essais, les graines ont été sortis du congélateur pour éliminer l'excès d'humidité (Ognakossan *et al.*, 2013). De ces échantillons sains 10 grains de chaque accession ont été prélevés et pesés avant d'être mis dans des boîtes de pétri (90 x15mm). Deux paires d'insectes (0 à 24 jours) de *C. maculatus* nouvellement émergés (2 mâles et 2 femelles) ont été introduits dans chaque boîte de pétri contenant les graines de lentille de terre (Amusa *et al.*, 2013). Les insectes sont laissés pendant 4 jours pour permettre l'accouplement et la ponte des

œufs. Après les quatre jours les insectes introduits ont été retirés des bocaux en notant le nombre d'insectes morts et le nombre d'insecte vivant. Pendant les quatre premiers jours de l'infestation 96% des œufs sont pondus quel que soit la souche de *C. maculatus* (Moumouni *et al.*, 2013). Le nombre d'œufs pondus a été compté à l'aide d'une loupe 5 jours après l'infestation (Lambert *et al.*, 1985) et ensuite l'émergence des insectes F1s a été suivie et compté chaque jour jusqu'à ce qu'aucun insecte n'émerge des bocaux et ce pendant cinq jours consécutifs (Lephale *et al.*, 2012).

Les paramètres suivants ont été mesurés sur chaque accession, le nombre de grains endommagés (nombre de grains troués) ; le nombre de grains non endommagés (le nombre de grains non troués) ; le poids résiduel des grains (g), (le poids après l'expérience) ; la perte de poids des grains (g) $PP = PI - PF$ où PI est le poids initial et PF est le poids final ; le pourcentage de perte de poids $PP = (PI - PF / PF) \times 100$ où PI est le poids initial et PF le poids final. ; la population d'insectes émergés F1 qui est le nombre d'insectes ayant émergés des œufs) et l'indice de croissance qui est un indicateur de l'adéquation du génotype au développement des insectes $IC = F1(\%) / MDP$ où F1 est le nombre d'insectes émergés en pourcentage et MDP la période moyenne de développement correspondante à la période allant de la moitié de du temps mis pour pondre les œufs à la date où 50% des insectes adultes ont émergés.

3.3. Traitement des données :

3.3.1 Etude de la perception des commerçants sur les contraintes de stockage de la lentille de terre

Les données collectées sur la perception des commerçants ont été soumises à des statistiques descriptives (fréquence relative) pour décrire les caractéristiques socio professionnelles des enquêtés. Aussi, il a été évalué la diversité des matériels de stockage utilisés et leur perception de la diversité des ravageurs de stocks. Le test d'indépendance de Fisher a été utilisé pour mettre en évidence le lien entre les localités et les matériels de stockage et enfin une Analyse Factoriel de Correspondance (AFC) a été réalisé avec le package « *FactoMine R* » dans le logiciel R pour décrire les liens entre les zones et les matériels de stockage.

3.3.2. Identification des insectes ravageurs

Les différents insectes obtenus à partir des échantillons ont été recueillis et comptés. Ces insectes ont été observés à la loupe binoculaire pour être identifiés grâce aux méthodologies développées par IDI (2012) et le Petit Manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest (INRAB et IITA, 2005).

3.3.3. Évaluation de la résistance des accessions de la Lentille de terre contre *C. maculatus*

Les différents paramètres collectés suite au test de criblage ont servi à déterminer l'indice de susceptibilité (IS) en utilisant la formule donnée par Dobie (1994) :

$$IS = (\text{Log}_e F1 / \text{MDP}) \times 100 \%$$

où F1= le nombre d'insectes émergés, Log_e = logarithme, et D= la période de développement moyen qui est la période allant de la moitié de la période d'oviposition à la date où 50% des insectes adultes ont émergés.

L'indice de susceptibilité pour classer les accessions de la lentille de terre dans des catégories de résistance suivant une échelle (Dobie, 1977) :

IS < 4.1 l'accession est considérée comme très résistante.

IS ∈ [4,1- 6] l'accession est considérée comme modérément résistante.

IS ∈ [6,1-8] l'accession est considérée comme modérément susceptible.

IS ∈ [8,1- 10] l'accession est considérée comme susceptible .-

IS >10 l'accession est considérée comme très susceptible.

Les moyennes de l'indice de susceptibilité pour chacune des quatre (4) répétitions pour chacune des accessions ont été soumises à l'analyse de variance en utilisant le logiciel R. Les accessions ont été regroupées en fonction de leur indice de susceptibilité en cinq catégories de résistance à savoir très résistant, modérément résistant, modérément susceptible, susceptible et très susceptible. Une analyse de corrélation de Pearson a été effectuée pour déterminer les relations entre l'indice de susceptibilité et les paramètres de résistance que sont : le nombre d'œuf (NOE), pourcentage d'insectes mort après 4 jours du comptage des œufs (Adulte Mortalité), la période moyenne de développement (MDP), le nombre d'insectes émergés (NF1), le pourcentage d'adulte émergent (%Em Adulte), indice de croissance (IC), le nombre de graines endommagé (NGE), le pourcentage de perte poids (%PP).

CHAPITRE IV : RESULTATS

5.1. Perceptions sur les contraintes de conservation post récolte de la lentille de terre

5.1.1. Caractéristiques des enquêtés

Le tableau 1 présente les caractéristiques socio-professionnelles des enquêtés.

Tableau 1: Caractéristiques socio-professionnelles des commerçants de lentille de terre

Variables	Modalités	Fréquences en %	Total
-----------	-----------	-----------------	-------

		Cotonou	Bohicon	Djidja	Dassa	Glazoué	
Sexe	F	20,83	18,75	16,67	18,75	20,83	95,83
	M	0	2,08	0	2,08	0	4,16
Age (ans)	Adulte (30-60)	14,58	16,67	12,5	20,83	18,75	83,33
	Jeune (<30)	4,17	4,17	4,17	0	0	12,51
	Vieux (>60)	2,08	0	0	0	2,08	4,16
Ethnies	Adja	8,33	2,08	0	0	0	10,41
	Fon	10,42	10,42	12,5	8,33	2,08	43,75
	Bariba	0	0	2,08	0	0	2,08
	Dendi	0	0	2,08	0	0	2,08
	Idatcha	2,08	2,08	0	8,33	18,75	31,24
	Mahi	0	6,25	0	4,17	0	10,42
Expérience moyenne (ans)		7,2	9,8	5,38	5,38	10,6	

Il ressort de l'analyse du tableau 1 que la commercialisation de la lentille de terre est une activité pratiquée majoritairement par les femmes (95,83 %), les adultes (83,33%), les Fon (43,75 %) suivis des idatcha (31,24) . Les personnes les plus expérimentées dans le commerce de lentille de terre sont les ressortissants des communes de Bohicon et Glazoué justifiant respectivement d'une expérience moyenne de 9,8 ans et 10 ans dans cette activité. Alors les enquêtés provenant des communes de Dassa et Djidja ont une expérience moyenne de 5 ans et ceux provenant de Cotonou ont une expérience moyenne de 7 ans dans la pratique du commerce de lentille de terre. Deux groupes ethniques sont faiblement représentés : il s'agit des Bariba et Dendi.

5.1.2. Perceptions sur les dégâts causés par les nuisibles des graines de lentille de terre

L'analyse de variance au seuil de 5 % (Figure 2) a montré qu'il existe une différence significative entre les dégâts des insectes de stocks suivant les localités ($p=0.02$). Les types de dégâts des insectes nuisibles de stocks rapportés par les commerçants de lentille de terre sont la détérioration des grains, la perte de poids, et la perte de la valeur marchande. De cette figure les dégâts tels que la détérioration des graines et la perte de la valeur marchande sont les plus constatés suivant les localités de commercialisation.

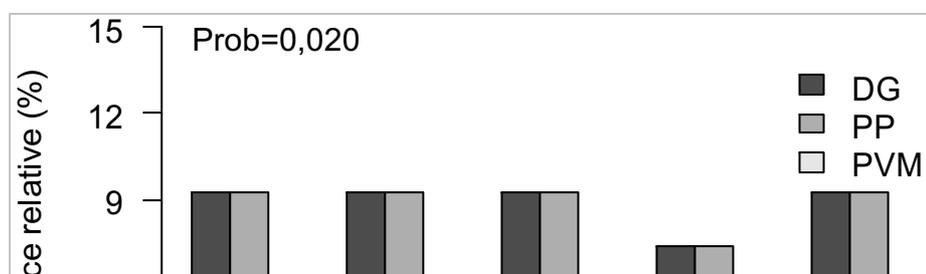


Figure 2: Analyse de variance sur les dégâts des insectes de lentille de terre

Légende : DG = Détérioration de la graine, PP = Perte de poids, PVM=Perte de la valeur marchande

5.1.3. La diversité des méthodes et moyens de lutte contre les nuisibles de stocks de la lentille de terre.

Les différentes méthodes de lutte des insectes nuisibles de stocks rapportés par les enquêtés sont l'utilisation des produits chimiques (sophagrin, Temaphos) ; la lutte physique qui consiste à faire le tamisage, le vannage et le séchage au soleil et ensuite la lutte écologique qui consiste en l'utilisation du piment dans les stocks (Figure 3). Il ressort de l'analyse du graphe de la figure 3 que la lutte chimique est la méthode la plus utilisée dans toutes les localités investiguées suivie de la lutte physique et la lutte écologique qui est faiblement utilisée. L'analyse de variance au seuil de 5 % (Figure 3) a montré qu'il n'existe aucune différence significative entre les méthodes de lutte des insectes de stocks suivant les localités ($p=0,999$).

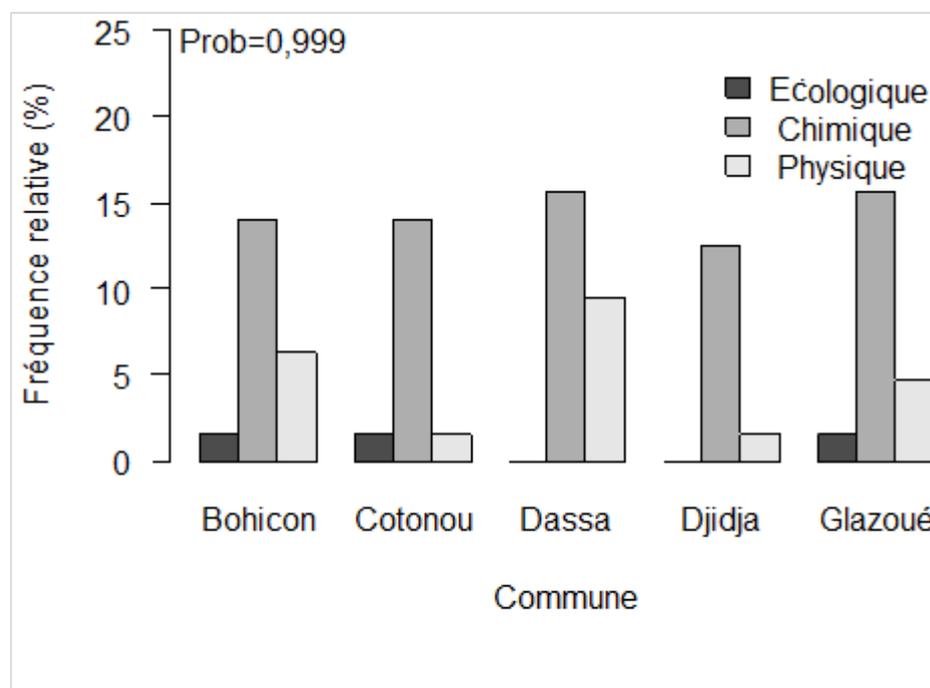


Figure 3: Diversité des méthodes de lutte contre les insectes nuisibles de lentille de terre

5.1.4. Relation entre localités et outils de stockage dans les différentes zones de commercialisation.

La figure 4 présente les relations entre les localités et outils de stockage dans les localités investiguées. L'analyse de cette figure que les deux premiers axes factoriels ont été retenus puisqu'ils expriment plus de 98,38 % des informations initiales. La projection des différentes informations sur ces deux axes a permis d'identifier trois grands groupes. Il s'agit du groupe 1 constitué des commerçants de Dassa, Glazoué et Bohicon utilisant beaucoup plus les sacs pour le stockage de la lentille de terre. Un deuxième groupe (groupe 2) constitué uniquement des commerçants de Djidja qui utilisent plus le panier, la bassine, le baril et la jarre pour la conservation des grains et enfin un troisième groupe (groupe 3) constitué uniquement des commerçants de Cotonou qui utilisent beaucoup plus le bidon.

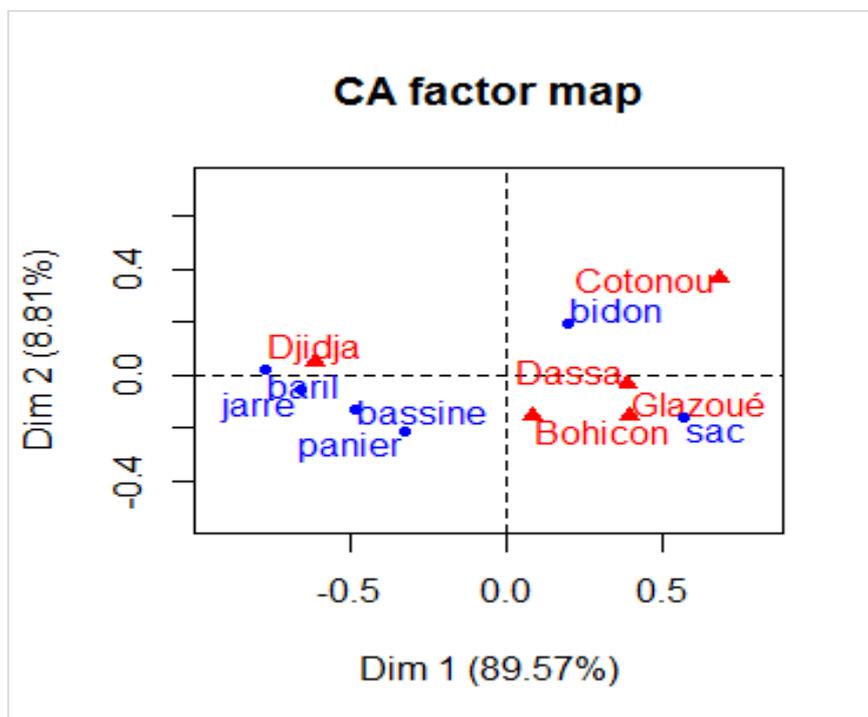


Figure 4: Analyse Factorielle des correspondances montrant les relations entre localités et outils de stockage.

5.1.5. Inventaire des insectes identifiés au laboratoire d'entomologie de l'IITA

Les travaux d'identification d'insectes réalisés au laboratoire d'entomologie de l'IITA ont permis d'identifier dans la présente étude, deux (2) insectes de stocks : *Callosobruchus maculatus* et *Dinarmus basalis* rond sont identifiés (Tableau 2). *Callosobruchus maculatus* est retrouvé dans les stocks de grains de lentille de terre indépendamment de la localité. *Dinarmus basalis* rond a été retrouvé uniquement dans les stocks de grains en provenance de Djidja.

Tableau 2: Inventaire des insectes identifiés au laboratoire

Zones de commercialisation et de production	Cotonou	Djidja	Bohicon	Dassazounmè	Glazoué
Noms des insectes	<i>C. maculatus</i>	<i>C. maculatus</i> <i>D. basalis</i> rond	<i>C. maculatus</i>	<i>C. maculatus</i>	<i>C. maculatus</i>

5.2. Evaluation de la résistance de la lentille de terre contre l'infestation de *C. maculatus*

5.2.1. Performance des accessions de la lentille de terre pour la résistance contre *C. maculatus*

Le tableau 3 présente les résultats de l'analyse de variance de la performance des accessions de lentille de terre face aux paramètres de résistance des grains évalués.

Tableau 3: Analyse de variance de la performance des accessions de lentille de terre face aux paramètres de résistance.

SOV	ddf	NOE	ADMorta	NF1	MDP	IS	%EmAdulte	IC	NGE	%PP
REP	3	449,9	6492.2***	199,9	40.20**	40.59*	932,5	4.8*	4,05	659,9
Genotypes	85	623.6*	789,7	395.7*	336.33***	27.47**	440,4	1,45	10.44**	479,7
Error	255	425,5	668,7	281	5,74	17,14	439,1	1,37	6,39	406,4
GM		34,85	43,31	25,08	23,07	12,54	68,42	3,00	8,38	41,62
CV		59,19	59,71	66,84	89,44	33,01	30,63	39,06	30,17	48,44

Légende : NOE= nombre d'œuf ; Adulte Mortalité = pourcentage d'insectes mort après 4 jours du comptage des œufs. MDP= période moyenne de développement ; IS= indice de susceptibilité, NF1= nombre d'insectes émergeant, %Em Adulte= pourcentage d'émergence adulte, IC= indice de croissance, NGE= nombre de graines endommagées. %PP= pourcentage de perte poids.

Il ressort de l'analyse du tableau ci-dessus, l'existence de différences significatives entre le comportement des accessions pour le nombre d'œufs pondus par les bruches adultes ($p < 0,05$), le nombre d'insectes F1s émergés des grains infestés ($p < 0,05$), la période moyenne de développement des bruches ($p < 0,05$), l'indice de susceptibilité ($p < 0,05$), et le nombre de grains endommagés ($p < 0,05$). Par contre, aucune différence significative n'est observée dans le comportement des accessions pour les paramètres tels que la mortalité des insectes adultes, le pourcentage d'émergence des insectes; l'indice de croissance et le pourcentage de perte de poids ; ces paramètres ne permettent pas de discriminer les accessions au sein de la collection étudiée.

5.2.2. Répartition des accessions dans les différentes classes de résistance

Les valeurs de l'indice de susceptibilité (annexe 3) ont permis de regrouper les accessions de lentille de terre dans différentes classes de résistance (Figure 5). Ainsi, l'accession TK 9-1 de couleur noir est très résistant ; Sag1 de couleur crème est modérément résistant tandis que Ats, Dog, E1, Lal2, T10-sari, T1sari sont modérément susceptible et les autres accessions restantes sont très susceptibles.

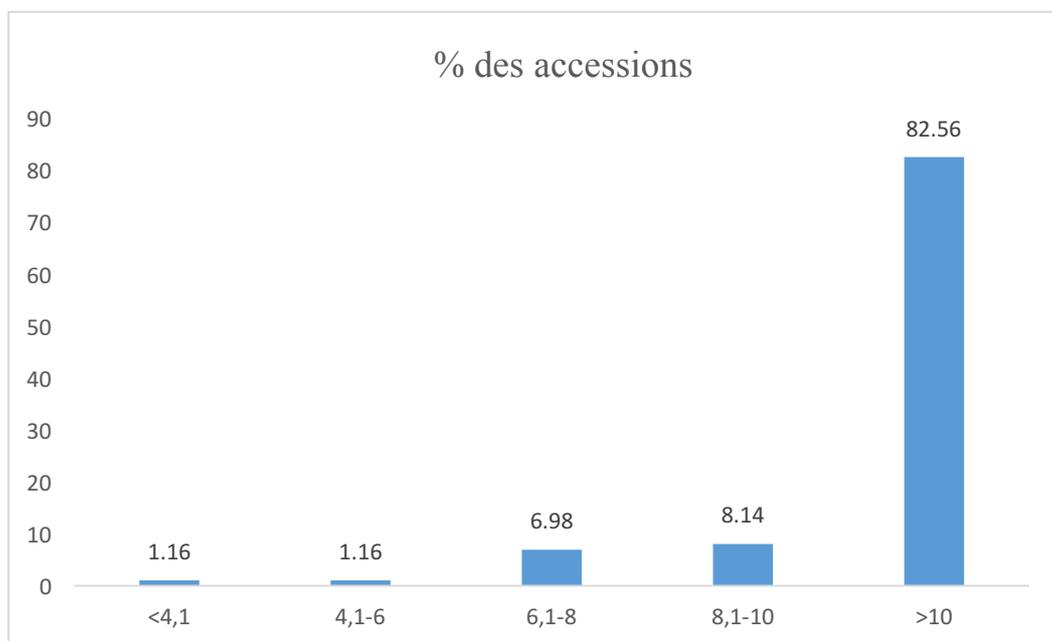


Figure 5: Répartition des 86 accessions suivant les classes d'indice de susceptibilité.

5.2.3. Corrélation entre les différents paramètres de résistance des grains de la lentille de terre

Le tableau 4 présente l'analyse de corrélation de Pearson portant sur les paramètres de résistance des grains de lentille de terre.

Tableau 4: Coefficient de corrélation entre les paramètres utilisés pour déterminer la résistance des accessions de la lentille de terre contre les insectes bruches

	means	SD	NOE	NF1	ADMorta	MDP	IS	X.EmAdulte	IC	NGE	X.PP
NOE	34,85	21,79	1								
NF1	25,08	17,57	.90***	1							
ADMorta	43,31	27,38	-.36***	-.34***	1						
MDP	23,07	2,43	-.03	.01	.09	1					
IS	12,69	4,47	.81***	.85***	-.33***	-.38***	1				
X.EmAdulte	68,92	21,07	.25***	.59***	-.12*	.01	.60***	1			
IC	3,03	1,19	.18***	.43***	-.10	-.21***	.53***	.76***	1		
NGE	8,48	2,72	.66***	.66***	-.30***	-.27***	.86***	.52***	.44***	1	
X.PP	41,99	20,68	.66***	.63***	-.29***	-.21***	.67***	.32***	.20***	.62***	1

Légende : NOE= nombre d'œuf ; Adulte Mortalité = pourcentage d'insectes mort après 4 jours du comptage des œufs. MDP= période moyenne de développement ; IS= indice de susceptibilité, NF1= nombre d'insectes émergeant, %Em Adulte= pourcentage d'émergence adulte, IC= indice de croissance, NGE= nombre de grains endommagé. %PP= pourcentage de perte poids.

L'analyse des coefficients de corrélation présentés dans le tableau a montré que l'indice de susceptibilité de Dobie (IS) est fortement corrélé avec le nombre d'œufs (0.81***) l' indice de croissance , le nombre d'insecte émergé(90*** ; le nombre de grains endommagé(86***), le pourcentage d'émergence des adultes (0,60***) et le pourcentage de perte de poids (0,67) et négativement corrélé avec adulte de mortalité(0,33***).

CHAPITRE V : DISCUSSION

Dans le cas de notre étude, les infestations de lentille de terre par les insectes nuisibles sont confirmées, dans un premier temps par les vendeurs majoritairement des femmes dans les grandes zones de commercialisation de la culture au Bénin. La différence significative entre les dégâts des insectes de stocks suivant les localités ($p=0.02$) peut s'expliquer par le fait que les commerçants ne vendent pas les mêmes accessions de la lentille de terre et n'utilisent pas les mêmes outils de conservation. L'analyse des échantillons de graines collectées a révélé la présence d'un insecte nuisible *Callosobruchus maculatus*. Worou *et al.* (2016) avaient identifié trois (3) insectes (*C. maculatus* ; *D. basalis* Rond et *Sithophilus* sp) au niveau des stocks de lentille de terre collectés dans les grands marchés du Sud Benin. La différence observée pourrait être expliquée par la variabilité dans le choix des matériels de stockage au niveau des zones de commercialisation et de production considérées. En effet, les présents travaux ont montré cinq (5) matériels de stockage à savoir le baril ; le panier ; la jarre ; le bidon et le sac. Chacune des

régions prospectées a ses préférences en matière de choix des matériels de stockage. Cependant quelques soit le type de stockage utilisé et la zone considérée, l'insecte n'a pas varié de façon significative. La zone n'est donc pas un facteur qui influence la présence ou non du *C. maculatus* reconnu comme l'insecte le plus nuisible.

Les principaux dégâts causés par l'insecte sur la lentille de terre sont la détérioration des grains, la perte de poids, et la perte de la valeur marchande. Ces dommages constituent des menaces pour la promotion de la lentille de terre pour la consommation et les revenus des commerçants ainsi que ceux des ménages vus l'importance de cette culture dans la zone d'étude. Il est donc urgent de développer des méthodes pour la gestion durable des insectes nuisibles de la lentille de terre au Bénin.

Le test de criblage a révélé une variabilité au sein du germplasm, indiquant que les accessions de lentille terre ont réagit différemment a l'infestation du *C. maculatus*. Seulement deux des 86 accessions (TK9-1 et Sag1), soit 2,3% des accessions évaluées ont montré une résistante contre *C. maculatus*. Cette faible proportion d'accessions résistantes est indicatrice de la nécessité d'augmenter le nombre d'accessions au sein de la collection, afin d'identifier un nombre plus important de sources de résistance. Ceci confirme les observations de Assogba *et al* (2015); Ayena et Ezin (2016) ; Worou *et al.*, (2016) qui ont montré que la base réduite de la diversité génétique de lentille de terre nécessite un besoin pressant d'enrichir la diversité existante au moyen de diverses techniques afin d'accélérer le gain génétique par rapport à ce caractère. Une faible oviposition (3 œufs pondus) de *C. maculatus* a été enregistrée au niveau de l'accession TK9-1 de couleur noir contre 35 œufs pondus en moyenne pour l'ensemble de la collection. Des études antérieures conduites par Nwanze *et al.* (1975) ont montré que la survie des insectes adultes et le nombre d'œufs pondus par *C. maculatus* pourraient être affectés par la couleur, l'aspect et l'épaisseur du péricarpe de la graine. On pourrait donc formuler l'hypothèse selon laquelle les propriétés intrinsèques des graines de cette accession exercent une action répulsive contre les bruches. Des études plus approfondies sont nécessaires afin de déterminer le mécanisme à l'origine de la résistance aux bruches de la lentille de terre.

Une forte corrélation positive entre le nombre d'insectes adultes émergés et l'indice de susceptibilité de Dobie a été observé causant ainsi une forte perte de poids. Ce qui confirme les travaux de Musa *et al.* (2015) qui ont signalé dans leurs travaux que l'augmentation de l'émergence des insectes adultes correspond à l'augmentation de pourcentage de perte de poids des grains et donc une forte susceptibilité des grains lors du stockage.

Moreover, Patil & Jadhav (1985) ont reporté que le poids et le volume des légumineuses graines pouvait être des facteurs additionnels responsables pour la préférence de la ponte des œufs. La

dureté des graines est due à la composition de la graine qui peut avoir un effet sur l'invasion des graines par *callosobruchus maculatus*. Ce qui corrobore les résultats de Adam & Baidoo (2008) qui ont observé que la nature et dureté des graines est un facteur majeur déterminant pour la ponte des œufs du *C. maculatus*. Donc une étude des caractéristiques physico-chimiques est nécessaire pour comprendre mieux la raison de cette résistance.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude a permis de mettre en évidence la présence des insectes nuisibles de stock et de déterminer les outils de stockage, les produits chimiques et les dégâts causés par la lentille de terre dans les grandes zones de commercialisation de lentille de terre. Les résultats de la présente étude ont montré l'existence d'un insecte nuisible (*Callosobruchus maculatus*) et de son parasitoïde (*Dinarmus basalis* rond) dans les stocks de lentille de terre. Le test de résistance réalisé sur quatre-vingt-six (86) accessions de lentille de terre a montré une forte susceptibilité de la lentille de terre au bruche de stock *C. maculatus*. Deux des accessions TK9-1 et Sag1 ont montré une résistance contre *C. maculatus*. Au terme du présent travail, nous suggérons :

- Approfondir l'étude à travers une évaluation des performances agronomiques (rendements) des accessions de la lentille de terre résistantes (TK9-1 et Sag1).
- Étudier le mécanisme qui contrôle la résistance au niveau des accessions de lentille de terre à travers des dosages de composés phénoliques dans les graines et autres métaboliques.
- Continuer les efforts de criblage et d'amélioration génétique de la lentille de terre afin de développer des variétés de plus en plus performantes et résistantes aux bruches pour la gestion durable des pertes post-récoltes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam, J., & Baidoo, P.K. (2008). Susceptibility of five cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties to attack by *Callosobruchus maculatus* (Fab.)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of the Ghana Science Association*. 10 (2): p 85-92
- Agoyi, E.E., Sognigbe, N., Kafoutchoni, M., Ayena, M., Sodedji, F.A.K., Sossou, H.S., Agbahoungba, S., Vodouhe, R. & Assogbadjo, A.E. (2019). Kersting ' s Groundnut [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet] Crop Attracts More Field Pests and Diseases than Reported Before. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 21(5): p1–5.
- Akpovi, C.S. (1993). Etude au laboratoire de l'efficacité de *Dinarmus basalis Rondani*.(Hymenoptera :Pteromalidae) ectoparasite de *Callosobruchus maculatus Fabricius* (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur Agronome. Université Nationale du Bénin: p 98.
- Rochat, D. Guenat (2013) - Agriculture and Food Security Network Brief No 4 Post-harvest losses of dry grains in North Western Benin. Shareweb: p 6.
- Amujoyegbe, B.J., Obisesan, I.O., Ajayi, A.O. & Aderanti F.A. (2010). Disappearance of Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Marechal and Baudet) in south-western Nigeria: an indicator of genetic erosion. *Plant Genetics Resources Newsletter*: p 45–50.
- Amusa, O.D., Ogunkanmi, A.L., Bolarinwa, & Ojobo, O. (2013). Evaluation of four cowpea lines for bruchid (*Callosobruchus maculatus*) tolerance. *Journal of Natural Science Research*, 3 (13): p 46-52.
- Aremu, M.O., Olaofe, O., Akintayo & Adeyeye E.I. (2008). Foaming, water absorption, emulsification and gelation properties of kersting' s groundnut (*Kerstingiella geocarpa*) and bambara groundnut (*Vigna subterranea*) flours as influenced by neutral salts and their concentrations. *Pakistan Journal of Nutrition* : p 194–201

- Aremu, O.M., Olaofe, O., & Emmanuel, T.A. (2006) comparative study on the chemical and amino acid composition of some Nigerian under-utilized legume flours. *Pakistan Journal of Nutrition*: p 534–80
- Ayelo, A. P., Gounongbe, F. A., guemon, B., Akotan, A., Fourn, L., & Fayomi, B. (2015). Aspects épidémiologiques, cliniques et écosystémiques des intoxications aux pesticides chez les enfants dans le Borgou (Bénin). *Revue Internationale des Sciences Medicales d' Abijan*:12-18
- Ayenon, M. & Ezin, V. (2016). Potential of Kersting's groundnut [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet] and prospects for its promotion. *Agriculture & Food Security* 5,2-8
- Badii, K.B.S.K., Asante & Bayorbor, T.B. (2011): susceptibility of some kerstings groundnut. landrace cultivars to infestation by *Callosobruchus maculatus* (FAB.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of Science and Technology*, 31(3): p 11-20.
- Bampuori, A.H. (2007). Effect of traditional farming practices on the yield of indigenous Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* Harms) crop in the upper west region of Ghana. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture* : p 128–44
- Cangardel, K. (1978) : Facteurs favorables au développement des insectes et des acariens. 83-98 In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales stockées - ITC: p 237
- Cardona, C., Kornegay, J., Posso, C.E., Morales, F. & Ramirez, H. (1990). Comparative value of four arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the Mexican bean weevil. *Entomologia experimentalis et applicata*, 56(2) : p 197-206.
- Cardona, C. (1989). Insects and other invertebrate pests in Latin America and their constraints. In: Schwartz, H. F. and Pastor-Corrales, M. A. (Eds.). Bean production problems in the tropics. 2nd Edition, *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO*: p 505-570.
- Cardona, C., Posso C.E., Kornegay J. & Serrano, M. (1989). Antibiosis effects of wild dry bean accessions on the Mexican bean weevil and the bean weevil (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Economie entomology* 82: p 310-315.
- Cardona, C., Valor J.F., Bueno J.M., Mejia A. & Blair M. (2005). Levels of resistance to important insect pests confirmed in bean progenies. Highlights of CIAT Research Activities Annual Report, *Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT), Cali, Colombia*: p 105 .
- CIMMYT, (2002). The “weevil warehouse”: A cost-effective means of screening large quantities of germplasm against primary storage pests. Advanced Maize Training Course, El Batán, CIMMYT Publication, Mexico. p 6
- Davey, P.M. (1965). The susceptibility of sorghum to attack by the weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Bulletin of Entomological Research* 56 : p 287-297.

- Delobel, A. & Tran M., (1993). Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *Faune Tropicale XXXII*. ORSTOM/CTA Eds, Paris : p 424.
- Derera, J., Giga D.P. & Pixley K.V.(2001). Resistance of maize to the maize weevil: II. Non-preference. *African Crop Science Journal* 9: p 441-450.
- Derera, J., Pixley K.V. & Giga D. P. (2001) b. Resistance of maize to the maize weevil. I. Antibiosis. *African Crop Science Journal* 9 : p 431-440.
- Diaw, S.C. (1999). *Evaluation de la résistance variétale du niébé (Vigna unguiculata L.Walp.) à la bruche (Callosobruchus maculatus F)*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome: p 74.
- Dobie, P. (1977). The contribution of the tropical stored products centre to the study of insect resistance in stored maize. *Tropical Stored Products*; 34: p 7-22
- Dobie, P. (1974). The laboratory assessment of inherent susceptibility of maize to postharvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 10: p 183-197.
- DUCOM, P. (1980). Eléments d'écologie. Des stocks et de lutte contre les ravageurs: Rapport du séminaire sur l'amélioration des systèmes récolte en Afrique de l'Ouest. ACCT BAMAKO: p 230.
- Edde, P.A., & Amatobi, C.I. (2003). Seed coat has no value in protecting cowpea seed against attack by *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Stored Products Research*, 39(1): p 1-10.
- Fandohan, P., Goergen G., Hell K., & Lambon Y. (2009). Petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest : p 4.
- Glitho, I.A., Nuto, Y., Attoh A., Sambena, B. & Kounnou K. (1988). Ecologie et biologie de la reproduction des Bruchidae parasites des légumineuses alimentaires cultivées au Togo et au Bénin. Rapport ABN (Biosciences), Lomé : p 81.
- Gomez Alvarez, L.E. (1980). *Etudes de quelques aspects de la biologie d'un Chalcidien Dinarmus basalis (Rondani) nécessaires à l'étude du taux sexuel*. Thèse de Doctorat, Tours : p 88 .
- Gueye M., Dogo S., Wathelet J. & Georges L. (2016). Typologie des systèmes de stockage et de conservation du maïs dans l'est et le sud du Sénégal. *Biotechnol. Agronomy, Society and Environment* . 16 (1): p 49-58.
- Hepper, F.N. (1963). The bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*) and Kersting's groundnut (*Kerstingiella geocarpa*) wild in West Africa. *Kew Bull.*;16: p 395-440

- Horber, E., & Mills, R.B. (1976). Conditions modifying expressing of resistance of maize kernels to maize weevil. *Environmental Entomology* 5:p 163-168.
- Ileke, K.D., Odeyemi, O. & Ashamo, M.O. (2013). Varietal resistance of some cowpea cultivars to cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae) infestation. *FUTA Journal of Research in Sciences, 1*: p 72-81.
- INSAE. (2015). Indice des Prix à la Production des Produits agricoles. 2015. <http://www.insae-bj.org/indice-prix-agricoles.html>. Accessed 13 May 2016 :p 6-12
- Kananji, G. (2007). *A Study of Bruchid Resistance and Its Inheritance in Malawian Dry Bean Germplasm. (University of Birmingham, UK)*, PhD Thesis, University of Kwazulu-Natal, South-Africa: p 157.
- Kanayo, F. & Ernst, H. (2016). Laboratory Techniques for Screening Cowpeas for Resistance to *Callosobruchus maculatus* F. Department of Entomology, Kansas State University, Manhattan: p 58-69.
- Kanayo, F. & Horber, E. (1975). Laboratory techniques for screening cowpeas for resistance to *Callosobruchus maculatus* F. *Environmental Entomology* 4: p 415- 419.
- Kouèlo, A.F., Badou A., Houngnandan P., Francisco M.F., Gnimassoun C.J. & Sotchimè D.J. (2012). Impact du mode de travail de sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 51: p 3625– 3632.
- Lale N. E. S. & Vidal S. (2003). Simulation studies on the effects of solar heat on egg-laying, development and survival of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) in stored bambara groundnut *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt. *J. Stored Prod. Res.*, 39:447-458.
- Lambert, J.D.H., Gale, J., Amason, J.T. & Philogene, B.J.R. (1985). Bruchid control with traditionally used insecticidal plants *Hyptis spicigera* and *Cassia nigricans*. *Insect Sci. Appl.* 6: p 167–168
- Lephale, S., Addo-Bediako, A. & Ayodele, V. (2012). Susceptibility of seven cowpea cultivars (*Vigna unguiculatus*) to cowpea beetle (*Callosobruchus Maculatus*). *Agricultural Science Research Journals* 2 (2): p 65–69
- Mogbo, T.C., Okeke, T.E., & Akunne, C.E. (2014). Studies on the resistance of cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) to weevil (*Callosobruchus maculatus*) infestation. *American Journal of Zoological Research*, 2 (2): p 37-40.
- Msiska, U.M., Odong, T.L., Hailay, M., Miesho, B., Kyamanywa, S., Rubahaiyo, P.R., & Tukamuhabwa, P. (2018). Resistance of Uganda soybean germplasm to adzuki bean bruchid. *African Crop Science Journal*, 26(3) : p 10
- Multon J.L., (1982) : Interactions entre l'eau et les constituants des grains et: graines et produits dérivés ;. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Lavoisier. Paris : p 115-116 .

- Musa, A.K. & Adeboye, A. (2017). Susceptibility of some cowpea varieties to the seed beetle *callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Agricultural Sciences* 62 (4): p 351-360.
- Obadofin, A.A. (2014). Screening of some cowpea varieties for resistance to *Callosobruchus maculatus*. IJPAST, 22 (1): p 9-17.
- Ognakossan, K. E., Tounou, K. A., Lamboni, Y. & Hell K. (2013). Post-harvest insect infestation in maize grain stored in woven polypropylene & in hermetic bags. *International Journal of Tropical Insect Science* 33: 71–81.
- Olakojo A., Ayanwale J., Obasemola V. (2007). Laboratory Screening of Seeds of Some Cowpea Cultivars (*Vigna unguiculata*) for Tolerance to Cowpea Beetles (*Callosobruchus maculatus*) in a Hot Humid Environment. American-Eurasian J.). *Journal of Agricultural Sciences* 2 (5): p 528-533.
- Ologou, S. (2015). Analyse des systèmes de production de la Lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* Harms.) dans la Commune de Djidja. Abomey-Calavi: Université d'Abomey-Calavi: p 13.
- Ouedraogo, P.A. (1991). *Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez Callosobruchus maculatus F. (Coleoptera : Bruchidae), son importance sur la biologie de cette bruche*. Thèse Doctorat. Université Tours (France) : p 197.
- Oyetayo, F.L. & Ajayi B.O. (2015). Chemical profile and zinc bioavailability on "Hausa groundnut" (*Kerstingiella geocarpa*). *Biosci Biotechnol Res Asia*. ;3: p 47–50
- Park, S.H., Arthur, F.H., Bean, S. R. & Schober, T.J. (2008). Impact of differing population levels of *Rhyzopertha dominica* (F.) on milling and physicochemical properties of sorghum kernel and flour. *J. Stored product*: p 23
- Pasquet, R.S., Mergeai, G., & Baudoin, J. (2002). Genetic diversity of the African geocarpic legume kersting's groundnut, *Macrotyloma geocarpum* (Tribe Phaseoleae: Fabaceae). *Biochem Syst Ecol*. 2002;30:943-5 recherche 3 : p 9-10.
- Salim, M. (2011). *Evaluation de l'effet insecticide et de la persistance des huiles essentielles de "callistemon viminalis" G Don, de "xylopiya aethiopica" Dunal et "lippia chevalieri" Moldenke sur "callosobruchus maculatus" Fabricius et "sitophilus zeamais" Motchulsky, principaux ravageurs des stocks de niébé et du maïs*. Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Master II de biologie animale : p 78.
- Seck, D. (1996). Alternative protection of cowpea seeds against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) using hermetic storage or in combination with *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam ex Poir. (Capparaceae) on stored grain insects. *J. Stored Prod. Res.*, 32(1): p 39-44.

- Steffan, J. R., (1978). Description et biologie des insectes. In: Scotti G, ed. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Paris: AFNOR - Institut Technique des Céréales et des Fourrages : p 1-65.
- Tipping, P.W., Cornelius, P.L. & Legg, D.E. (1989). Inheritance of resistance in whole kernel maize to oviposition by the maize weevil (coleopteran: Curculionidae). *Journal économique d'entomologie* 82: p 1466-1469.
- Tipples, K.H. (1995). Quality and nutritional changes in stored grain. In: Jayas, D.S., White, N.D.G., Muir, W.E. (Ed.), *Storedgrain Ecosystems*. M. Dekker, Inc., New York: p 189-202.
- Utida, S. (1981). Polymorphism and phase dimorphism in *Callosobruchus maculatus*; In: *The ecology of Bruchids attacking legumes*. Ed. by Labeyrie, Junk, The Hague : p 143-147
- 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) : p 157.
- Worou, D., Zandjanakou, M., Tachin, M., Boulga, J. & Bokonon, A. (2016). Diversité des insectes et champignons du maïs, du voandzou, du niébé et de la lentille de terre en stocks dans les marchés du Sud. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)* - Numéro spécial : p 5-13
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Macrotyloma> consulté le 18/03/20.

ANNEXE 1

**QUESTIONNAIRE ADRESSÉ AUX COMMERCANTS DES GRAINES DE LA
LENTILLE DE TERRE**

GENERALITE

Nom de l'enquêteur / _____ / N° _____...commune.....

Date de l'enquête / ____ / ____ / ____ /

1. Caractéristiques socioéconomiques de l'enquêté

Caractéristiques		Code	Réponses
1.1. Nom du commerçant		\ _____ \	
1.2. Sexe du commerçant		1=Féminin, 0=Masculin	\ ____ \
1.3. Age du commerçant		En année révolue	\ ____ \
1.4. Ethnie du commerçant		Entrer l'ethnie du	\ ____ \
1.5. Situation matrimoniale du commerçant		1= Célibataire avec enfants, 2= célibataire sans enfants, 3=Marié (e),4=Divorcé (e), 5=Veuf (ve)	\ ____ \
1.6. Quelle est votre langue locale ?			
1.7. Niveau d'instruction	Niveau de scolarité ?	0= pas instruit;	\ ____ \
		1= primaire; 2= secondaire; 3= techniques (à préciser) ; 4= universitaire ; 5= autres	\ ____ \
	Alphabétisation	0= non 1= savoir lire ; 2= lire et écrire \ ____ \	\ ____ \
1.8. Parmi les légumineuses graines laquelle vendez vous le plus ?		1= lentille de terre 2= haricot; 3= niébé ; 4= voandzou; 5= pois d'angole, autre (préciser)	\ ____ \
1.9. Êtes-vous membre d'un groupement/association?		1=Oui, 0=Non	\ ____ \
1.10. Si oui donner le nom et le domaine d'intervention du groupement			

Caractéristiques	Code	Réponses
1.11. Nombre d'années d'expérience dans la commercialisation de la lentille de terre	En mois	_____\
1.12. Type de commerçants	1= détaillants ; 2= semi-grossistes ; 3= grossistes ; 4= autres à préciser	
1.13. Avez-vous un registre de commerce ou une carte de commerce ?	1=Oui, 0=Non	
1.14. Quels sont les prix de vente des trois ou cinq dernières années ?		
1.15. Quels sont les quantités vendues en bassines ou en sacs ?		
1.16. Une bassine contient combien de Togodo (1 kg)		
Quelles sont les légumineuses que vous vendez ?		
1.17. Revenu total annuel des légumineuses ?	CFA	_____\
1.18. Quelle est la part de la vente de la lentille de terre dans le revenu total annuel ?	Ecrire la part du revenu (%)	_____\

2. Mode de stockage

Caractéristiques	Codes	Réponses
2.1. Chez qui approvisionnez-vous la lentille de terre ?	1= détaillants ; 2= grossistes 3= les producteurs 4= autres	
2.2. Faites-vous des contrats avec les producteurs pour acheter leur récolte?		
2.3. Quels sont les types de contrats		
2.4. Les contrats sont-ils toujours respectés ?		
2.5. Si non pourquoi		
2.6. Conservez-vous les graines de la lentille de terre ?	1=Oui, 0=Non	
2.7. Si oui quelle est la durée de conservation ?		

	1-moins de deux semaines 2 deux à quatre semaines 3- deux mois 4- autres	
2.8. existe-t-il un éventuel traitement avant la conservation?		
2.9. Quelle est la variété la mieux conservable? Combien de temps la conservez-vous ?		
Pourquoi ?		
Quelles sont les variétés de doyiwé que vous vendez ?		
2.10. Quels sont les outils de stockages	1= panier 3- les bassines 3- sacs 4- autres	
2.11. Quelles est la quantité de graines perdue après conservation ?	0-20 % ; 20-40% ; 40-60% ; 60-80% ; 80-100%	

3 . Ravageurs de stock

N°	Description des ravageurs de stock des graines de la lentille de terre	Nom en langue local	Nom scientifique	Dégâts causés	Méthodes de lutte	Produits de lutes/ matériels utilisés
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						

ANNEXE 2

Génotypes	Origine	Couleur des graines
Adc	Ben- Zou	crème
Add	Ben- Zou	crème
Adj	Ben- Zou	crème
Agb	Ben_Collines	crème
Agc	Ben- Zou	crème
Agn2	Ben- Zou	crème
Akl1	Ben- Zou	crème
Akl2	Ben- Zou	crème
Ako	Ben- Zou	crème
Ali1	Ben- Zou	crème
Aso	Ben- Zou	crème
Atc	Ben- Zou	crème
Ats	Ben_Collines	crème
Bin	Ben- Zou	crème
Bod	Ben- Zou	crème
BoliwhiteSari	Ghana	marron sombre tacheté
Dgo	Ben- Zou	crème

Dkp	Ben- Zou	crème
Dog	Ben- Zou	crème
Dov	Ben- Zou	crème
Dra	Ben- Zou	crème
E-5Sari	Ghana	crème au yeux noirs
E1	Ben- Zou	crème
E2	Ben- Zou	crème
Fol	Ben- Zou	crème
Gbn1	Ben_Collines	crème
Gbn2	Ben_Collines	crème
Gbo1	Ben- Zou	crème
Gbo2	Ben- Zou	crème
Gbo3	Ben- Zou	crème
Gbo4	Ben- Zou	marron clair
Gbo5	Ben- Zou	crème
Gta1	Ben- Zou	crème
Gta2	Ben- Zou	crème
Gta3	Ben- Zou	crème
Hay2	Ben_Collines	crème
Hhg	Ben- Zou	crème
Hou	Ben- Zou	crème
Itk	Ben_Collines	crème
Itk1	Ben_Collines	crème
Itk2	Ben_Collines	crème
Kah1	Ben- Zou	crème
Kah2	Ben- Zou	crème
Kem	Ben- Zou	crème
Kin	Ben- Zou	crème
Kno1	Ben_Collines	crème
Kno2	Ben_Collines	crème
Lal2	Ben- Zou	crème
Lal3	Ben- Zou	crème
Lam1	Ben_Collines	crème
LeAd1	Ben- Zou	crème
Lgz	Ben_Collines	crème
LILI*Sie	ghana	marron sombre tacheté
MLK	Ben- Zou	crème
Odm1	Ben_Collines	crème
Odm2	Ben_Collines	crème
Oua	Ben- Zou	crème
Saa2	Ben- Zou	crème
Sag1	Ben- Zou	crème
Sag2	Ben- Zou	crème

Saz1	Ben- Zou	crème
Sem1	Ben- Zou	crème
Sem2	Ben- Zou	crème
Soh	Ben- Zou	crème
Soz	Ben- Zou	crème
T-10Sari	Ghana	noir
T-1sari	Ghana	noir
T-2Sari	Ghana	marron sombre tacheté
T-4Sari	Ghana	marron sombre tacheté
T-5BSari	Ghana	marron sombre tacheté
T-6Sari	Ghana	marron sombre tacheté
T-7Sari	Ghana	marron sombre tacheté
T-8Sari	Ghana	marron sombre tacheté
T-9BSari	Ghana	marron sombre tacheté
TK9—1	Nigeria	noir
TK9-11IITA	Nigeria	marron
TK9-12	Nigeria	marron
TK9-8	Nigeria	marron
Tos	Ben- Zou	crème
Tow1	Ben- Zou	crème
Viv	Ben- Zou	crème
Zhla1	Ben- Zou	crème
Zhla2	Ben- Zou	noir
Zhla3	Ben- Zou	crème
Zke	Ben- Zou	crème
Zku	Ben- Zou	crème

ANNEXE 3

Tableau 5: Moyennes de performance des 86 accessions de lentille de terre pour les paramètres de résistance contre *C. maculatus*

Génotypes	NOE	ADMorta	NF1	MDP	IS	%EmAdulte	IC	NGE	%PP
Adc	36,5	37,5	25,5	22,69	12,17	62,27	2,72	8	41,09
Add	46,5	43,75	37,5	24,35	11,93	68,02	2,79	7,75	43,1
Adj	36,5	43,75	29,25	21,93	15,13	79,92	3,63	9,25	42,14
Agb	25,5	62,5	15,5	23,55	8,33	56	2,36	5,5	26,5
Agc	48,25	18,75	40	23,11	15,6	79,76	3,47	9,25	51,05
Agn2	44,25	43,75	24,75	21,76	14,74	64,75	2,99	9,5	36,93
Akl1	33,75	43,75	25,5	22,43	13,19	70,04	3,11	8,25	40,2
Akl2	36,75	12,5	26,5	22,57	13,53	70,65	3,03	9,5	47,77
Ako	23,75	37,5	12,25	20,73	10,48	47,48	2,2	7,35	44,6
Ali1	28,5	50	22,75	23,01	12,83	77,42	3,37	9	40,87
Aso	35,25	62,5	29	24,76	9,92	78,86	3,16	5,75	36,85
Atc	45,5	31,25	40,75	22,79	16,18	89,61	3,94	10	43,4
Ats	13,5	56,25	5,75	24,56	7,14	55,33	2,28	4,25	22,33
Bin	41,25	37,5	34	23,95	14,35	84,18	3,5	8,25	49,27
Bod	37,75	37,5	29,5	22,69	11,75	64,56	2,86	7,75	42,48
BoliwhiteSari	42,5	25	25	22,16	14,36	62,91	2,84	10	37,4
Dgo	38,75	68,75	24,5	23,05	10,98	57,04	2,53	7	40,67
Dkp	31,5	31,25	25,5	23,01	13,29	76,79	3,35	9,5	47,35
Dog	21	31,25	17	22,93	7,6	58,11	2,45	5,5	32,96
Dov	32,25	56,25	25,5	24	12,89	71,63	3,07	8,5	31,26
Dra	39	68,75	28,5	23,23	13,66	70,47	6,45	9	32,77
E-5Sari	40,5	43,75	23	23,33	13,15	58,48	2,46	10	53,98
E1	13	56,25	7,5	24,13	7,91	59,13	2,49	6,25	27,28
E2	66,75	6,25	39,75	22,03	16,17	60,3	2,75	10	48,1
Fol	43,25	31,25	29,75	23,5	14,38	72,78	3,06	10	46,47
Gbn1	17,25	37,5	12,75	22,72	9,42	61,32	2,56	6,36	37,28
Gbn2	37,75	37,5	31,25	22,21	15,44	82,97	3,73	10	52,49
Gbo1	56,25	37,5	46,25	22,91	16,16	82,09	3,66	10	47,27
Gbo2	33	68,75	28,5	24,7	12,62	84,47	3,42	7,5	51,92
Gbo3	11	56,25	8	21,23	10,44	71,77	3,32	6,7	33,57
Gbo4	47,5	31,25	34,25	23,06	14,97	79,46	3,44	9,5	47,82
Gbo5	47,25	43,75	34,5	21,76	15,83	73,99	3,39	10	47,67
Gta1	55,75	43,75	44,5	23,72	16,02	84,13	3,55	10	47,19
Gta2	38,75	25	27	23,16	13,91	72,3	3,14	10	63,17
Gta3	34,75	37,5	28,25	22,58	13,75	80,97	3,55	10	48,42
Hay2	28,75	18,75	20	22,66	13,05	73,3	3,21	10	46,41
Hhg	20,5	56,25	13,5	22,71	9,53	60,87	2,66	7	27,96
Hou	33	37,5	19,75	21,68	13,08	58,07	2,66	9,25	30,89
Itk	32,25	50	25,25	25,88	12,01	77,05	3	8,25	44,03

Itk1	43,25	37,5	34,25	22,17	14,93	78,56	3,54	9,25	42,34
Itk2	29,75	50	15,5	22,27	11,89	52,19	2,36	8,75	38,64
Kah1	28,75	62,5	22,25	23,5	11,8	77,09	3,27	8	45,7
Kah2	59,5	25	41,5	22,67	16,26	70,97	3,16	10	52,87
Kem	31,5	56,25	16,25	22,91	11,59	55,85	2,45	7,5	24,53
Kin	48,75	50	39,25	25,22	13,63	75,83	3,02	9	54,46
Kno1	45,25	31,25	34,5	23,17	15,32	78,19	3,39	10	53,44
Kno2	30,25	50	20,75	22,32	12,81	65,92	3	9	38,96
Lal2	19,75	43,75	14	24,96	7,58	58,08	2,44	4,75	22,41
Lal3	19,5	50	14,75	23,57	9,86	64,93	2,75	9,5	24,85
Lam1	33,25	37,5	23,25	22,52	14,06	75,63	3,24	8,7	46,65
LeAd1	22,25	68,75	17,5	24,19	9,64	66,56	2,68	7	46,67
Lgz	40,25	43,75	28,75	22,81	14,66	71,96	3,18	10	49,83
LILI*Sie	42	43,75	25,5	22,46	12,82	67,22	2,98	8	54,72
MLK	59,25	18,75	49,25	23,23	16,62	82	3,51	10	58,78
Odm1	37,25	43,75	29	23,92	12,62	70,13	2,93	8	27,16
Odm2	46,25	43,75	35,25	23,57	14,92	75,7	3,21	10	53,14
Oua	39	43,75	30	24,52	13,97	78,95	3,33	10	54,1
Saa2	40,25	50	37	22,29	15,3	89,78	4,04	10	52,78
Sag1	9	81,25	4,5	23,03	5,77	47,24	1,94	6,68	24,02
Sag2	27,25	37,5	21,5	22,23	12,81	74,05	3,32	8	25,46
Saz1	47,75	31,25	23,75	21,91	13,16	51,09	2,35	9,25	51,09
Sem1	26,25	43,75	18	23,28	10,43	58,19	2,47	7,25	24,79
Sem2	41	18,75	31,25	22,01	15,19	79,93	3,63	10	47,11
Soh	27,25	43,75	22,5	24,51	11,4	77,16	3,22	8	42,28
Soz	24	62,5	15,75	22,2	11,64	62,77	2,6	6,91	39,8
T-10Sari	20,25	43,75	9,5	22,55	8	37,93	1,55	5,24	30,18
T-1sari	20	50	17	23,31	7,23	58	2,54	5	5,88
T-2Sari	24	43,75	20	24,51	10,98	67,89	2,89	7,04	42,63
T-4Sari	46,75	43,75	35	22,19	15,8	74,18	3,31	10	51,59
T-5BSari	26	56,25	20,5	25,38	10,91	67,74	2,89	6,75	33,3
T-6Sari	32,75	43,75	23,5	22,23	12,28	64,89	2,91	7,5	51,52
T-7Sari	43,5	31,25	28	22,16	14,78	64,06	2,91	10	53,03
T-8Sari	57	31,25	33	22,1	15,63	61,77	2,81	10	64,94
T-9BSari	36,25	25	30,5	23,68	14,23	83,56	3,54	10	54,84
TK9—1	2,25	68,75	0,5	26,5	0,51	34,66	1,14	1,11	13,41
TK9-11IITA	34,25	37,5	25,5	23,16	14,08	80,36	3,5	9,5	41,24
TK9-12	39	43,75	22,25	22,86	13,49	59,41	2,62	10	55,64
TK9-8	18,5	62,5	11,5	24,09	10,12	67,4	2,65	7,04	20,67
Tos	35,25	62,5	19,75	24,1	12,08	57,79	2,39	9	38,62
Tow1	28,25	37,5	22,5	22,07	12,97	73,13	3,32	8,75	44,36
Viv	39,5	43,75	28,5	23,46	12,06	65,61	2,79	8	32,81
Zhla1	40,25	50	31,25	22,9	12,95	72,02	3,15	10	40,55
Zhla2	59,5	43,75	40,25	22,83	16,07	68,23	3	10	55,37

Zhla3	35	56,25	24	23,22	11,77	58,43	2,52	7	45,42
Zke	33,5	31,25	25	21,16	15,01	75,37	3,54	10	44,99
Zku	11	31,25	5,25	20,91	8,75	46,75	2,21	6,03	28,5
Moyenne	34,85	43,31	25,08	23,07	12,54	68,42	3	8,38	41,62
SED	14,59		11,85	14,59	2,93			1,79	14,25
LSD	28,72	36,01	23,34	29,51	5,77			3,52	28,07

NOE= nombre d'œufs, Adulte Mortalité = pourcentage d'insectes mort après 7 jours des œufs.

MDP= période moyenne de développement IS= indice de susceptibilité, NF1= nombre d'insecte émergeant, %Em Adulte= pourcentage d'émergence adulte, IC= indice de croissance,

NGE= nombre de graine endommagé. %PP= pourcentage de perte poids.