

Évaluation de la sensibilité de vingt lignées de maïs à *Prostephanus truncatus*, *Sitophilus zeamais* et *Rhyzopertha dominica*, insectes déprédateurs des grains stockés au Burkina Faso

Moussa LANKOANDÉ^{1,2*}, Aboubacar BOLY^{1,2},
Nofou OUEDRAOGO³, Edouard DRABO²,
Fousséni TRAORE², Antoine WAONGO²

Titre courant : Statut de lignées de maïs contre les capucins des grains et le charançon

Résumé

Le maïs stocké subit environ 30% de pertes dues aux capucins des grains et aux charançons. Cette étude visait à évaluer le comportement de vingt lignées de maïs contre ces insectes ravageurs. Cinq répétitions de 150g de grains de chaque lignée ont été mis en contact avec vingt insectes adultes par espèce dans des bocaux en verre. Après soixante jours de confinement à 26 - 33°C et 60 à 82% d'Humidité Relative, la durée moyenne de développement, le nombre d'individus en F1, les dégâts occasionnés, l'indice de Dobie, le taux de germination et le taux d'humidité ont été évalués. Les lignées testées se sont révélées résistantes à *R. dominica* (ID ≤ 6) mais sensibles à *P. truncatus* et *S. zeamais* (ID > 6). Néanmoins, la lignée SEMA 3 s'est révélée respectivement résistante, moyennement sensible et sensible à ces insectes ravageurs. Le taux de germination a baissé à moins de 75% sous l'action de *P. truncatus*. Une corrélation positive et significative a été observée entre la masse des frass, la population de la première génération et l'indice de Dobie (ID). Au regard du comportement de SEMA 3, elle peut être utilisée dans les perspectives d'amélioration contre les insectes des stocks.

Mots clés : Stockage, Maïs, l'indice de Dobie, Burkina Faso.

¹ Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, UFR/SVT, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

² Laboratoire Central d'Entomologie Agricole de Kamboinsé, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

³ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

*Auteur correspondant : Moussa LANKOANDÉ,
moseslankoande@gmail.com ; 73265455/66766889

Evaluation of the susceptibility of twenty corn lines to *Prostephanus Truncatus*, *Sitophilus zeamais* and *Rhyzopertha dominica*, insects that prey on grain stored in Burkina Faso

Abstract

Stored corn suffers approximately 30% losses due to grain borers and weevils. This study aimed to evaluate the behavior of twenty corn lines against these insect pests. Five repetitions of 150g of grains from each line were placed in contact with twenty adult insects per species in glass jars. After sixty days of confinement at 26 - 33°C and 60 to 82% Relative Humidity, the average development time, the number of individuals in F1, the damage caused, the Dobie index, the germination rate and humidity levels were evaluated. All lines tested were found to be resistant to *R. dominica* ($ID \leq 6$) but sensitive to *P. truncatus* and *S. zeamais* ($ID > 6$). However, the SEMA 3 line proved to be respectively resistant, moderately sensitive and sensitive to these insect pests. The germination rate decreased to less than 75% under the action of *P. truncatus*. A positive and significant correlation was observed between frass mass, first generation population and Dobie Index (DI). Considering the behavior of SEMA 3, it can be used in the prospects of improvement against insects in stocks.

Keywords: Storage, Maize, Dobie index, Burkina Faso.

Introduction

Le secteur agricole burkinabé occupe plus de 86% de la population active et fournit environ 45% des revenus des ménages agricoles. Il génère 30% du Produit intérieur brut (PIB) et 70% des recettes d'exportations. Les céréales y occupent à elles seules plus de 88% des surfaces emblavées annuellement (Anonyne, 2019). Le maïs constitue une céréale sur laquelle les acteurs peuvent fonder de réels espoirs pour améliorer leur revenu et lutter contre l'insécurité alimentaire. Cette céréale subit cependant d'énormes pertes au cours du stockage. Selon Ojo et Omoloye, (2012), les pertes post récolte affectent annuellement 14 à 50% du maïs produit dans les pays en développement. La cause fondamentale constitue les insectes prédateurs des grains stockés. Ces derniers qui colonisent et détériorent les grains stockés appartiennent à l'ordre des coléoptères et des lépidoptères (Delobel et Tran, 1993). Ils sont responsables de plus de 30% des pertes post récoltes (Guèye *et al.*, 2011). Les

espèces, *Rhizopertha dominica* (Fabricius, 1792), *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878) et *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) sont caractérisées par leur fort potentiel de dépréciation du maïs d'où leur importance économique (Carvalho *et al.*, 2012). En effet, les pertes post récoltes dues à *P. truncatus* et *S. zeamais* sont respectivement de l'ordre de 50 à 80 % (Kumar et Kalita, 2017) et 90 % (Noosidum et Sangprajan, 2014) dans les régions tropicales et subtropicales. La lutte chimique est la plus utilisée. Cependant, elle entraîne la désorganisation des communautés biologiques notamment l'apparition de la résistance et la disparition des communautés d'auxiliaires (Zongo *et al.*, 2015). Elle est caractérisée par son anarchisme dans les pays en voie de développement où les principaux acteurs n'ont pas une connaissance approfondie des produits utilisés (Mbaye, 2014). En alternative, la résistance variétale paraît judicieuse et suscite beaucoup d'espoirs dans le cadre d'une gestion intégrée des déprédateurs des stocks. En plus d'être compatible avec les autres méthodes de lutte et sans effet néfaste sur l'environnement, elle est d'application facile et économiquement avantageuse. Aussi, plusieurs programmes de recherche s'investissent davantage dans la création de variétés de plus en plus productives et résistantes aux facteurs abiotiques et biotiques. Le maïs fait l'objet depuis plusieurs années d'importants travaux de sélection, ce qui lui confère une véritable base de diversité génétique. Selon le catalogue national des espèces et variétés agricoles du Burkina Faso, trente (30) variétés de maïs sont répertoriées et utilisées par les producteurs (Anonyme, 2014). Cependant peu d'investigations existent sur la résistance des variétés de maïs existantes, encore moins celle des lignées de maïs en cours de sélection contre les principaux insectes ravageurs des stocks. C'est en raison des multiples avantages de la résistance variétale et face au défi de mettre au point des variétés de maïs non seulement productives mais aussi tolérantes et/ou résistantes aux ravageurs des stocks qu'a été initié notre étude. Elle avait pour objectif général de contribuer à identifier des variétés de maïs résistantes aux attaques des principaux insectes ravageurs des denrées stockées.

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétal

Vingt lignées fixées de maïs du Programme Céréales Traditionnelles de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles ont été utilisées. Les échantillons reçus ont été débarrassés des impuretés et conservés au congélateur pendant 14 jours pour éliminer toutes formes d'infestation initiale. Les caractéristiques des différentes variétés sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau I : Description des différentes lignées de maïs utilisées

Nom de la lignée	Couleur	Origine	Type de grain	Stade/niveau de sélection
SEMA-1	Jaune	INERA	Corné à corné-denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SEMA-2	Jaune	INERA	Corné-denté à denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SEMA-3	Jaune	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SEMA-4	Jaune	INERA	Corné à corné-denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SEMA-5	Jaune	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-121	Jaune	INERA	Corné-denté à denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-128	Jaune	INERA	Denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-129	Jaune	INERA	Corné-denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-131	Jaune	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-155	Jaune	INERA	Corné-denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-178	Jaune	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-195	Jaune	INERA	Corné-denté à denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-225	Blanc	INERA	Corné-denté à denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-226	Blanc	INERA	Corné à corné-denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-231	Blanc	INERA	Corné-denté à denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-233	Blanc	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
SX8-239	Blanc	INERA	Corné-denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée

136	Jaune	INERA	Corné-denté à denté	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
173	Jaune	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée
198	Jaune	INERA	Corné	Lignée fixée, étude DHS et VATE validée

DHS : Distinction, Homogénéité, Stabilité ; VATAE : Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale

I.2. Matériel animal

Des individus nouvellement émergés de *R. dominica*, *P. truncatus* et

S. zeamais issus de colonies d'élevage de masse établit au Laboratoire sous les conditions ambiantes de 26-35°C et 54-82% d'Humidité Relative ont été utilisées. L'élevage de ces insectes est fait sur des grains d'une variété locale de maïs achetée au marché de Kamboinsé dont les coordonnées géographiques sont 12°27 de latitude Nord, 1°33 de longitude Ouest et 294m d'altitude. Les élevages ont été réalisés dans des boîtes en plastique de dimensions variables et des bocaux en verre de quatre (04) litres de contenance placés sur des étagères.

I.3. Test de sensibilité des lignées de maïs face aux attaques des insectes

Le statut des lignées a été évalué par une infestation artificielle en situation de non choix sous 26-33°C et 60 à 82% d'Humidité Relative. Cent cinquante grammes de grains de chaque lignée, répété cinq fois a été mis en contact avec vingt insectes adultes de chaque espèce dans des bocaux en verre. Chaque bocal a été couvert d'un tissu moustiquaire maintenu par un bracelet en caoutchouc. Pour les capucins, *R. dominica* et *P. truncatus*, l'ensemble des bocaux a été placé en confinement pendant une période de soixante (60) jours (Waongo, 2016). Après le confinement, le contenu de chaque bocal a été tamisé et les paramètres suivants ont été évalués :

- la population finale (Pf) par le dénombrement de l'ensemble des individus par bocal;
- la génération (F1) par la formule $F1 = Pf - Pi$ avec Pi la population initiale ;

- la masse des "frass" (poudres) par pesage à la balance sensible de marque OHAUS avec une précision de 0,001g et une capacité maximale de 410g.

Pour le charançon, *S zeamais*, les individus utilisés pour l'infestation ont été retirés des bocaux après dix (10) jours de contact pour ponte. Ce retrait permet d'éviter l'apparition des individus de la deuxième génération (F2) car l'insecte est caractérisé par un chevauchement de générations et un comportement grégaire (Abebe *et al.*, 2009 ; Acheampong *et al.*, 2019). A partir du 20^e jour après infestation, le nombre d'individu émergé par jour a été consigné jusqu'à la fin des émergences. Les émergences prenaient fin après trois (03) jours consécutifs sans nouveaux individus. Les paramètres suivants ont été évalués :

- la génération (F1) ou population finale (F1) par la formule $F1 = \sum Xi$ avec Xi = nombre d'individus émergés par jour ;
- la durée moyenne de développement (Dmd) qui correspond au temps entre la moitié du temps de contact des adultes avec les grains pour ponte et la date d'obtention de 50% de l'effectif de la descendance F1 (Acheampong *et al.*, 2019) ;
- l'indice de sensibilité de Dobie (ID) (Dobie, 1974) par la formule $ID = 100 \times [\ln(F1)/Dmd]$. Cet indice a permis de catégoriser les lignées à travers son échelle de classification :
 $ID \leq 4$ = lignées résistantes ; ID compris entre 4,0 et 6,0 = Moyennement résistantes ; ID compris entre 6,1 et 8 = Moyennement sensibles ; ID compris entre 8,1 et 10 = Sensibles et $ID > 10$ = Très sensibles.
- la masse des "frass" (poudres) par pesage à l'aide de la balance sensible.

Enfin, pour chaque espèce, un échantillon de 200 grains a été prélevé de chaque bocal de façon aléatoire à la fin des émergences. Cet échantillon a été observé sous loupe binoculaire afin de déterminer le taux de perte de poids (Alonso-Amelot and Avila-Núñez,

2011) par la formule : $Tpp = 100 \times \frac{(A \times D) - (C \times B)}{A \times (B + D)}$

Avec : A=le poids des grains intacts ; B= le nombre de grains intacts, C=le poids des grains endommagés et D=le nombre de grains endommagés.

I.4. Effet des lignées sur la durée de développement de *R. dominica* et *P. truncatus*

Vingt individus adultes nouvellement émergés et non sexés de chaque espèce ont été placés séparément au contact de 10 g de grain de chaque lignée de maïs contenu dans des boîtes de Pétri pendant dix jours pour la ponte. A l'issue des 10 jours, les individus ont ensuite été retirés à l'aide de pinces souples. Cinq répétitions ont été constituées pour chaque lignée. L'ensemble des lignées a été disposé de façon aléatoire dans la salle d'expérience sous les conditions ambiantes de 26-34°C et 59 à 81% d'Humidité Relative. Le nombre d'individus émergé par répétition a été noté quotidiennement à partir du 20^e jour après infestation jusqu'à la fin des émergences. Les individus émergés ont été retirés de la boîte après chaque observation afin d'éviter toute confusion pour les prochaines émergences. Les émergences prenaient fin après à trois (03) jours consécutifs sans nouveaux individus. Au terme du processus, les paramètres suivants ont été déterminés :

- la durée moyenne de développement *Dmd* qui correspond au temps entre la moitié du temps de contact des adultes avec les graines pour la ponte et la date d'obtention de 50% de l'effectif de la descendance F1 (Acheampong *et al.*, 2019) ;
- l'indice de sensibilité de Dobie (*ID*) (Dobie, 1974) par la formule $ID = 100 \times \left[\ln \frac{1}{Dmd} \right]^{(F1)}$.

Dmd

I.5. Capacité de germination des lignées

Un test de germination témoin a été réalisé pour chaque lignée avant la mise en place des expériences en utilisant 100 grains prélevés de façon aléatoire. A la fin des expériences soit 60 jours après confinement, un autre test de germination des lignées a été réalisé pour chaque cas afin de déterminer la viabilité des grains. A chaque fois, 20 grains de chaque lignée ont été prélevés et placés dans une boîte de Pétri préalablement stérilisé contenant du papier buvard imbibé d'eau. Pour chaque lignée cinq (05) répétitions ont été réalisées. Après une semaine d'observation les grains germés (Ngg)

ont été dénombrés afin de déterminer le taux de germination (Tg) selon la formule : $Tg = \frac{Ng}{Nt} \times 100$ avec Nt le nombre total de grains

Nt

utilisé.

I.6. Impact des insectes sur l'humidité des grains

Le taux d'humidité des grains a été mesuré pour chaque lignée avant la mise en place des tests et à la fin des expériences. A chaque période, 230 grammes de grains de chaque lignée a été introduit dans le testeur d'humidité DRAMINSKI. Cinq (05) mesures ont été réalisées pour chaque lignée et à chaque période.

I.7. Analyse des données

Le tableur Excel 2019 a été utilisé pour la saisie et le traitement des données ainsi que la réalisation des tableaux et figures. Pour chacune des variables mesurées, après vérification de la normalité suivie de l'homogénéité des variables, les données ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9 (2003). Les moyennes ont été comparées deux à deux à l'aide du test de Student-Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5%.

II. Résultats

II.1. Effet des lignées de maïs sur le développement de *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais*

Le Tableau II présente la durée de développement et la population de la génération F1 des insectes déprédateurs en fonction des lignées de maïs. Des différences hautement significatives ont été observées entre les lignées pour ce qui concerne la durée de développement de *R. dominica* (P = 0,0002), *P. truncatus* (0,0005) et *S. zeamais* (P = 0,0024). Elle varie entre 33 jours (SX8-121) et 54 jours (SX8-195) pour *R. dominica*, 29 jours (SX8-129) et 42 jours (SEMA-1) pour *P. truncatus* et entre 33 jours (SX8-239) et environ 37 jours (SEMA-3 et SX8-155) pour *S. zeamais*. La population de la génération F1 de *R. dominica*, de *P. truncatus* et de *S. zeamais* diffère significativement (P ≤ 0,0006) d'une lignée à une autre. SEMA-3 présente le plus petit nombre d'individus en F1 pour *P. truncatus* (17 individus) et *S. zeamais* (36 individus) tandis que le plus grand nombre d'individu en F1 s'observe au niveau de SX8-129 soit 127

individus pour *P. truncatus* et 106 individus pour *S. zeamais*. Le nombre d'individus en F1 de *R. dominica* varie entre la lignée 198 (1 individu) et SEMA-2 (10 individus).

II.2. Dégâts de *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais* sur les lignées de maïs

Prostephanus truncatus a occasionné une production de poudre et une perte de poids dix fois supérieur à ceux observés avec *R. dominica* et *S. zeamais* sur les lignées de maïs. La masse des frass produit diffère significativement d'une lignée à une autre pour *R. dominica* ($P < 0,0001$) et pour *S. zeamais* ($P = 0,0017$). Les lignées SX8-155, SEMA-1 et 136 ont été respectivement les plus détériorées par *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais*. La lignée SEMA-3 a subi moins de perte de poids dans les cas de *P. truncatus* et *S. zeamais* (Tableau III).

II.3. Sensibilité des lignées de maïs aux attaques de *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais*

Le Tableau IV présente l'indice de sensibilité de Dobie et le statut des lignées de maïs selon cet indice pour les trois insectes déprédateurs de stocks. L'indice de Dobie présente une différence significative pour *P. truncatus* ($P = 0,0002$) et *S. zeamais* ($P = 0,0002$). Selon cet indice, toutes les lignées sont moyennement résistantes à résistantes aux attaques de *R. dominica*, moyennement sensibles à très sensibles à *P. truncatus* et *S. zeamais*. La lignée SEMA-3 a été résistante à *R. dominica*, moyennement sensible à *P. truncatus* et sensible à *S. zeamais*.

II.4. Impact des insectes déprédateurs sur la viabilité des grains de maïs

La Figure 1 montre l'évolution du taux de germination des grains avant et après les expérimentations en fonction des lignées de maïs. Pour la majorité des lignées, le taux de germination a diminué sous l'effet des insectes ravageurs. L'analyse statistique a montré une différence significative entre la germination des grains à l'état initial et celle des grains soumis aux attaques des insectes déprédateurs. *Prostephanus truncatus* a entraîné la plus forte diminution des taux de germination réduisant de plus de la moitié le taux de départ pour les lignées SEMA-1, SX8-231 et SX8-239.

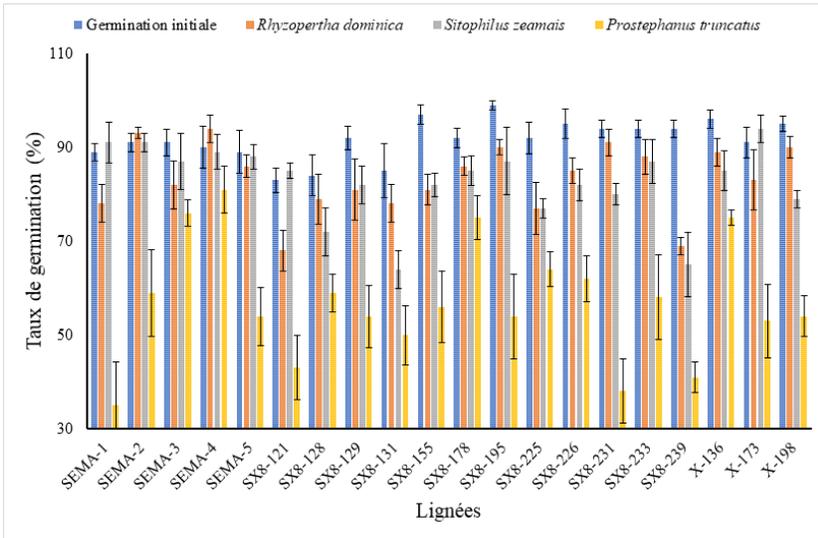


Figure 1 : Evolution du taux de germination des grains avant et après infestation par les insectes en fonction des lignées

II.5. Impact des insectes ravageurs sur le taux d'humidité des grains

La figure 2 présente le niveau de l'humidité des grains avant et après qu'ils aient été soumis aux infestations des insectes. Quel que soit la lignée, le taux d'humidité augmente après les infestations de leurs grains par les trois insectes ravageurs. Les analyses statistiques montrent des différences significatives ($P < 0,0001$) entre l'humidité avant et celle après pour l'ensemble des lignées et pour tous les trois ravageurs. L'humidité des grains qui variait entre 11 et 13,1% au départ a connu une hausse de 2,2 à 4,26% dans les trois cas et pour l'ensemble des lignées.

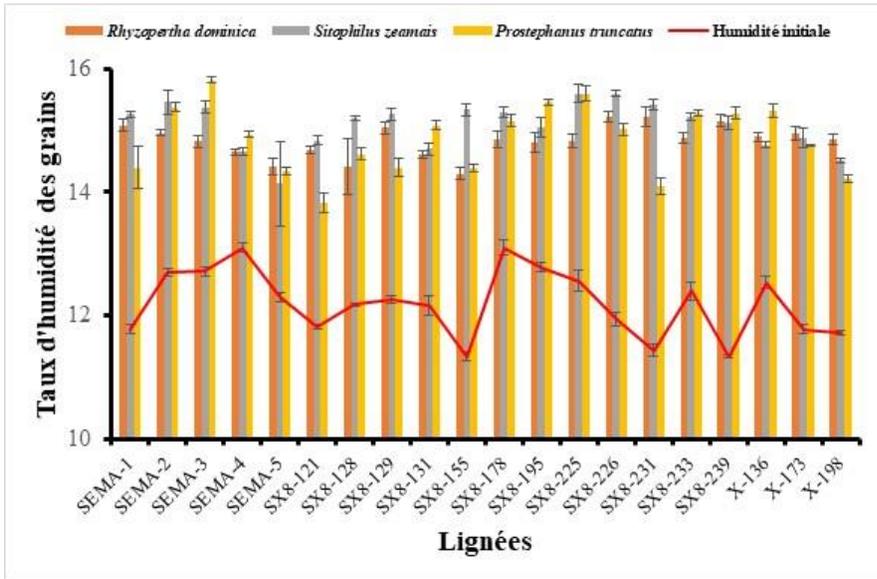


Figure 2 : Evolution du taux d’humidité des grains avant et après infestations par les insectes ravageurs en fonction des lignées **Tableau II** : Durée de développement et population de la génération F1 de *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais* en fonction des lignées de maïs

s	<i>Rhyzopertha dominica</i>		<i>Prostephanus truncatus</i>			
	DD (jours)	Nombre d'individus en F1	DD (jours)	Nombre d'individus en F1	DD (jours)	Nombre d'individus en F1
SEMA-1	37,40 ± 4,60	3,00 ± 3,94 AB	42,40 ± 3,17 A	126,80 ± 10,75 A	34,00 ± 0,55 AB	70,40 ± 16,71 ABC
	BCD		A		A	
SEMA-2	44,40 ± 1,17	10,20 ± 13,08 A	36,60 ± 1,36 AB	116,60 ± 33,49 AB	34,40 ± 0,24 AB	48,20 ± 11,72 BC
	ABCD		A		AB	
SEMA-3	36,80 ± 3,79 CD	3,20 ± 3,11 AB	37,20 ± 0,58 AB	16,80 ± 6,97 B	36,60 ± 0,93 A	36,40 ± 8,11 C
	CD		AB		B	
SEMA-4	43,40 ± 1,50	2,40 ± 1,82 AB	35,00 ± 0,71 BC	54,80 ± 11,27 AB	34,60 ± 0,24 AB	50,80 ± 7,16 BC
	ABCD		BC		AB	
SEMA-5	41,60 ± 3,15	1,20 ± 1,30 AB	35,80 ± 0,73 ABC	99,60 ± 29,71 AB	34,40 ± 0,40 AB	62,80 ± 13,38 ABC
	ABCD		ABC		AB	
SX8121	33,20 ± 4,00 D	1,40 ± 2,19 AB	35,40 ± 0,24 ABC	102,40 ± 10,09 AB	35,00 ± 0,32 AB	37,20 ± 6,62 C
	D		ABC		AB	
SX8128	42,80 ± 1,71	1,20 ± 1,64 AB	35,40 ± 0,60 ABC	51,40 ± 11,23 AB	33,80 ± 0,58 AB	49,80 ± 13,80 BC
	ABCD		ABC		AB	
SX8129	41,40 ± 88 ABCD	1,20 ± 1,64 AB	29,40 ± 1,21 C	127,60 ± 26,33 A	35,60 ± 0,51 AB	106,20 ± 12,21 A
	ABCD		C		A	

		8,00 ± 5,52 AB				
SX8131	41,00 ± 4,56 BCD		36,60 ± 0,98 AB	75,40 ± 18,95 AB	36,20 ± 0,80 AB	48,40 ± 6,73 BC
SX8155	50,00 ± 1,95 AB	1,60 ± 1,52 AB	34,00 ± 0,89 BC	76,80 ± 12,90 AB	36,60 ± 0,60 A	62,00 ± 8,83 ABC
	45,00 ± 0,63 ABCD					
SX8178		3,00 ± 3,58 AB	37,80 ± 0,73 AB	69,60 ± 26,07 AB	34,00 ± 0,00 AB	67,80 ± 6,77 ABC
SX8195	54,00 ± 0,55 A		37,00 ± 1,14 AB	86,20 ± 25,02 AB	35,20 ± 0,20 AB	88,00 ± 8,65 ABC
	42,80 ± 1,11 ABCD	3,20 ± 2,17 AB				
SX8225		1,40 ± 1,67 AB	35,00 ± 0,55 BC	103,00 ± 21,50 AB	34,80 ± 0,49 AB	54,60 ± 7,86 ABC
	43,40 ± 1,03 ABCD					
SX8226		4,20 ± 4,09 AB	36,60 ± 0,60 AB	63,80 ± 8,54 AB	33,40 ± 0,24 AB	72,60 ± 13,17 ABC
	43,00 ± 0,83 ABCD					
SX8231		7,60 ± 2,07 AB	35,80 ± 1,65 ABC	129,40 ± 32,55 A	35,60 ± 0,51 AB	52,20 ± 6,26 ABC
SX8233	40,60 ± 1,99 BCD		35,20 ± 2,87 ABC	56,40 ± 10,24 AB	35,60 ± 0,24 AB	72,20 ± 20,75 ABC
	42,60 ± 1,72 ABCD	8,20 ± 8,55 AB				
SX8239		2,20 ± 2,68 AB	38,20 ± 0,73 AB	92,60 ± 21,55 AB	33,00 ± 2,02 B	52,60 ± 9,72 ABC
	47,20 ± 1,50 ABC					
136		4,80 ± 4,44 AB	35,20 ± 1,53 ABC	43,60 ± 13,93 AB	34,40 ± 0,40 AB	105,60 ± 10,95 A
	45,40 ± 1,16 ABCD					
173		4,60 ± 4,04 AB	39,00 ± 2,28 AB	81,80 ± 16,99 AB	34,40 ± 0,51 AB	103,80 ± 6,26 AB
	41,60 ± 0,51 ABCD					
198		1,00 ± 0,71 B	38,00 ± 1,90 AB	102,80 ± 20,94 AB	36,00 ± 0,32 AB	72,60 ± 13,44 ABC
Proba- bilités	$F_{19;80} = 3,07$ $P = 0,0002$		$F_{19;80} = 2,89$ $P = 0,0005$		$F_{19;80} = 2,50$ $P = 0,0024$	$F_{19;80} = 3,65$ $P < 0,0001$
		$F_{19;80} = 2,86$ $P = 0,0006$		$F_{19;80} = 2,30$ $P = 0,0052$		

Les moyennes ± erreur standard ayant les mêmes lettres alphabétiques en majuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes d'après le test de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$) ; DD : Durée de Développement

Tableau III : Dégâts causés par *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais* sur les lignées de maïs

	Masse frass (g)	% Perte de poids	Masse frass (g)	% Perte de poids	Masse frass (g)	% Perte de poids
SEMA- 1	0,55 ± 0,06 BC	0,70 ± 0,17	13,23 ± 0,91 A	12,16 ±	0,040 ± 0,003 AB	0,22 ± 0,12

1,63 A						
SEMA-2	0,55 ± 0,09 BC	1,69 ± 0,39	9,51 ± 1,85 ABC	10,29 ±	0,025 ± 0,003 B	0,69 ± 0,23
SEMA-3	0,54 ± 0,05 BC	1,83 ± 0,56	3,02 ± 0,79 C	6,50 AB 5,17 ± 0,93	0,028 ± 0,007 B	1,46 ± 0,40
SEMA-4	0,56 ± 0,06 BC	1,55 ± 0,43	6,32 ± 0,75 ABC	AB 6,36 ± 0,81	0,040 ± 0,008 AB	0,82 ± 0,25
SEMA-5	0,42 ± 0,07 C	1,40 ± 0,47	9,98 ± 2,71 AB	AB 8,80 ± 2,37	0,052 ± 0,008 AB	1,84 ± 0,31
SX8121	0,39 ± 0,03 C	1,34 ± 0,35	12,99 ± 1,66 A	AB 13,23 ±	0,028 ± 0,002 AB	1,46 ± 0,44
SX8128	0,39 ± 0,04 C	1,30 ± 0,73	7,34 ± 1,08 ABC	7,78 AB 5,38 ± 0,83	0,032 ± 0,003 AB	1,47 ± 0,42
SX8129	0,75 ± 0,13 AB	2,08 ± 0,27	11,26 ± 1,35 AB	AB 5,45 ± 0,86	0,056 ± 0,011 AB	1,89 ± 0,30
SX8131	0,37 ± 0,03 C	1,11 ± 0,33	7,18 ± 1,35 ABC	AB 3,03 ± 0,98	0,031 ± 0,006 B	1,57 ± 0,69
SX8155	0,87 ± 0,07 A	1,36 ± 0,39	8,05 ± 0,91 ABC	B 8,61 ± 0,68	0,052 ± 0,004 AB	1,59 ± 0,52
SX8178	0,44 ± 0,04 C	1,23 ± 0,47	7,66 ± 1,72 ABC	AB 4,27 ± 1,01	0,044 ± 0,005 AB	0,38 ± 1,04
SX8195	0,45 ± 0,04 C	1,55 ± 0,32	7,77 ± 1,22 ABC	AB 5,15 ± 0,93	0,037 ± 0,003 AB	1,78 ± 0,44
SX8225	0,42 ± 0,03 C	1,23 ± 0,19	5,51 ± 1,55 BC	AB 4,66 ± 1,28	0,031 ± 0,005 AB	1,71 ± 0,50
SX8226	0,56 ± 0,06 BC	1,79 ± 0,34	8,51 ± 0,98 ABC	AB 6,82 ± 0,76	0,035 ± 0,007 AB	2,26 ± 0,61
SX8231	0,75 ± 0,06 AB	1,43 ± 0,30	11,88 ± 2,00 AB	AB 10,55 ±	0,026 ± 0,005 AB	1,63 ± 0,33
SX8233	0,43 ± 0,06 C	1,30 ± 0,23	6,89 ± 1,23 ABC	2,35 AB 5,88 ± 1,26	0,047 ± 0,012 AB	1,87 ± 0,55
SX8239	0,53 ± 0,05 BC	1,92 ± 0,66	9,00 ± 1,21 ABC	AB 9,86 ± 2,17	0,031 ± 0,005 AB	1,19 ± 0,45

	0,50 ± 0,05 BC	0,66 ± 0,26	5,75 ± 0,95 BC	3,24 ± 0,31 AB	0,058 ± 0,004 A	1,44 ± 0,34
136	0,63 ± 0,05 BC	1,63 ± 0,43	9,60 ± 0,97 ABC	5,27 ± 0,66 AB	0,043 ± 0,004 AB	2,18 ± 0,38
173	0,40 ± 0,03 C	1,67 ± 0,73	10,37 ± 1,07 AB	15,03 ± AB	0,049 ± 0,010 AB	0,92 ± 0,82
198	5,32 A					
Probabi- lités	$F_{19;80} = 5,27$ $P < 0,0001$;	$F_{19;80} = 0,70$ $P = 0,81$;	$F_{19;80} = 3,45$ $P < 0,0001$;	$F_{19;80} = 2,21$ $P = 0,0077$;	$F_{19;80} = 2,59$ $P = 0,0017$;	$F_{19;80} = 1,23$ $P = 0,25$;
	<i>Rhizopertha dominica</i> <i>Sitophilus zeamais</i> Lignéés			<i>Prostephanus truncatus</i>		

Les moyennes \pm erreur standard ayant les mêmes lettres alphabétiques en majuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes d'après le test de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$)

Tableau IV : Degré de sensibilité des lignées de maïs aux attaques de *R. dominica*, *P. truncatus* et *S. zeamais*

s	<i>Rhizopertha dominica</i>		<i>Prostephanus truncatus</i>		<i>Sitophilus zeamais</i>		Lignée
	Indice de Dobie	Degré de sensibilité	Indice de Dobie	Degré de sensibilité	Indice de Dobie	Degré de sensibilité	
SEMA -1	1,31 \pm 0,95	Résistante	11,66 \pm 0,95 AB	Très sensible	12,09 \pm 0,77 ABC	Très sensible	
SEMA -2	3,99 \pm 1,37	Résistante	12,66 \pm 0,90 AB	Très sensible	10,98 \pm 0,68 ABC	Très sensible	
SEMA -3	3,10 \pm 1,41	Résistante	6,28 \pm 1,44 C	Moyennement sensible	9,16 \pm 0,98 C	Sensible	
SEMA -4	1,84 \pm 0,55	Résistante	10,92 \pm 0,86 AB	Très sensible	11,25 \pm 0,37 ABC	Très sensible	
SEMA -5	0,84 \pm 0,55	Résistante	12,07 \pm 1,37 AB	Très sensible	11,79 \pm 0,73 ABC	Très sensible	
SX8121	1,21 \pm 0,78	Résistante	13,01 \pm 0,21 AB	Très sensible	10,17 \pm 0,46 BC	Très sensible	
SX8128	0,63 \pm 0,63	Résistante	10,51 \pm 1,04 B	Très sensible	11,01 \pm 0,88 ABC	Très sensible	
SX8129	4,76 \pm 1,01	Moyennement résistante	15,91 \pm 1,35 A	Très sensible	13,02 \pm 0,28 AB	Très sensible	
SX8131	1,76 \pm 0,89	Résistante	11,36 \pm 0,96 AB	Très sensible	10,65 \pm 0,42 ABC	Très sensible	
SX8155	4,23 \pm 0,53	Moyennement Résistante	12,62 \pm 0,73 AB	Très sensible	11,17 \pm 0,29 ABC	Très sensible	
SX8178	1,80 \pm 0,92	Résistante	9,80 \pm 1,76 BC	Sensible	12,33 \pm 0,33 AB	Très sensible	
SX8195	1,78 \pm 0,62	Résistante	11,58 \pm 0,83 AB	Très sensible	12,66 \pm 0,32 AB	Très sensible	
SX8225	1,00 \pm 0,66	Résistante	12,82 \pm 0,66 AB	Très sensible	11,41 \pm 0,44 ABC	Très sensible	
SX8226	2,47 \pm 0,95	Résistante	11,26 \pm 0,41 AB	Très sensible	12,65 \pm 0,49 AB	Très sensible	
SX8231	4,63 \pm 0,24	Moyennement Résistante	13,17 \pm 1,45 AB	Très sensible	11,02 \pm 0,29 ABC	Très sensible	
SX8233	4,34 \pm 1,54	Moyennement Résistante	11,59 \pm 1,30 AB	Très sensible	11,66 \pm 0,72 ABC	Très sensible	
SX8239	0,83 \pm 0,83	Résistante	11,62 \pm 0,73 AB	Très sensible	12,06 \pm 1,29 ABC	Très sensible	
136	2,45 \pm 1,02	Résistante	9,72 \pm 1,05 BC	Sensible	13,48 \pm 0,24 A	Très sensible	

173	2,92 ± 0,93	Résistante	11,28 ± 1,03 AB	Très sensible	13,49 ± 0,29 A	Très sensible
198	0,35 ± 0,35	Résistante	12,04 ± 0,57 AB	Très sensible	11,59 ± 0,64 ABC	Très sensible
Probabilités	$F_{19,80} = 2,54$ $P = 0,0021$;		$F_{19,80} = 3,06$ $P = 0,0002$;		$F_{19,80} = 3,18$ $P = 0,0002$;	

Les moyennes ± erreur standard ayant les mêmes lettres alphabétiques en majuscule dans la même colonne ne sont pas significativement différentes d'après le test de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$)

II.6. Corrélation des paramètres étudiés

Le Tableau V présente la matrice de corrélation entre les différents paramètres étudiés. Il existe une forte corrélation positive et significative entre la masse des frass (g) et la descendance en F1 des insectes déprédateurs et entre la masse des frass et l'indice de Dobie pour *R. dominica* et *P. truncatus*. Il existe également une corrélation positive et significative entre la perte de poids et la descendance en F1, ainsi qu'avec la masse des frass uniquement pour *P. truncatus*. Pour *S. zeamais*, les paramètres tels que la descendance en F1, la masse des frass et l'indice de Dobie sont très positivement corrélés entre eux. On note cependant une corrélation négative et significative entre la durée moyenne de développement et l'indice de Dobie pour *P. truncatus* et *S. zeamais*.

Tableau V : Matrice de corrélation des paramètres étudiés

	DD	Descendance en F1	Masse frass	% PP	ID
DD	1				
Descendance en F1	R(0,114) P(-0,025) S(0,014)	1			
Masse frass	R(0,148) P(0,021) S(0,162)	R(0,625***)	1		
% PP	R(0,158) P(0,165) S(0,065)	R(0,193) P(0,511***) S(0,257*)	R(0,225) P(0,604***)) S(0,045)	1	

ID	R(-	R(0,852***)	R(0,565***)	R(0,215)	1
	0,032)	P(0,799***))	P(0,266*	
	P(-	S(0,864***)	P(0,746***))	
	0,436***))	S(0,262*	
)		S(0,497***))		
	S(0,345**))			

DD = Durée de développement ; ID = indice de Dobie ; PP = perte de poids ; R = R. dominica ; P = P. truncatus ; S = S. zeamais ; *, ** et *** désignent les seuils de significativité aux probabilités respectives de 0,01 ; 0,001 et 0,0001

III. Discussion

Les variations observées indiquent que l'effet des insectes déprédateurs sur les lignées est fonction du génotype. Kasozi *et al.*, (2016) ont démontré dans leurs étude le génotype des grains influence l'action des insectes déprédateurs des stocks. La variation des paramètres biologiques des insectes selon les lignées montre que certaines lignées sont favorables au développement des insectes tandis que d'autres sont peu favorables et traduit ainsi la capacité inhérente de chaque lignée soit à minimiser l'évolution des populations des insectes ou favoriser leur accroissement rapide. Cela pourrait s'expliquer par la nature, la texture et la composition biochimique des grains des différentes lignées. En effet, plusieurs auteurs ont prouvé que les caractéristiques physicochimiques des grains de céréales en générale et ceux du maïs en particulier ont un effet inhibiteur sur le développement de *R. dominica* (Arthur *et al.*, 2020), *P. truncatus* (Nwankwo *et al.*, 2014 ; Ngom *et al.*, 2020) et *S. zeamais* (Nwosu *et al.*, 2015a). *Rhyzopertha dominica* se développe moins rapidement sur les lignées de maïs que celle de *P. truncatus* et *S. zeamais*. Aussi, la production de la première génération (F1) est faible pour *R. dominica* par rapport aux deux autres. Cette observation suggère que les lignées de maïs testées au cours de cette étude sont plus propices au développement de *P. truncatus* et *S. zeamais*, ce qui fait probablement de ces deux ravageurs des grains stockés les plus redoutables pour le maïs (Holst *et al.*, 2000 ; Jallow et Pitan, 2021) d'où la sensibilité des lignées pour ces deux ravageurs. Le développement des insectes est influencé par le substrat (lignées) sur lequel ils se nourrissent (Nwosu *et al.*, 2015b). La capacité de développement et de production de la génération F1 dépendrait donc des caractéristiques physico-chimiques intrinsèques de chaque lignée (Muzemu *et al.*, 2013). L'importance des dégâts associée aux différences significatives observées dans chaque cas nous conduisent à suggérer que certaines lignées sont fragiles et sont facilement détériorées par l'action déprédatrice de ces ravageurs. En effet, la dureté, la longueur et la largeur des grains ainsi que la texture du péricarpe sont des facteurs physiques impliqués dans l'aptitude des grains à résister aux attaques des insectes ravageurs des stocks (Nwosu *et al.*, 2015a ; Ngom *et al.*, 2020). D'autres facteurs tels que la taille et la couleur des grains sont à prendre en compte dans l'évaluation de la sensibilité des lignées vis-à-vis des attaques des insectes car ces facteurs peuvent influencer non seulement le choix des

insectes mais aussi leur faculté de reproduction et donc leur capacité à causer des dégâts sur les grains de maïs (Nwosu *et al.*, 2015a ; De Groote *et al.*, 2017). Les possibles mécanismes de résistance des lignées serraient la combinaison d'effets antibioses, anticénoses ou de tolérance (Acheampong *et al.*, 2019).

Le pouvoir germinatif des grains a connu une baisse significative pour l'ensemble des lignées de maïs après qu'elles aient été soumises aux infestations des insectes. Ils ont donc probablement la capacité de s'attaquer aux germes des grains et de les détruire ; réduisant ainsi leur faculté germinative (Yusuf et He, 2011). Nos résultats corroborent ceux de Acheampong *et al.* (2019) qui ont obtenu une diminution drastique du taux de germination des grains soumis à l'action de *S. zeamais*. La baisse du taux de germination est le résultat du développement complet des larves et l'émergence des adultes des insectes déprédateurs qui ont complètement endommagé le germe des grains (Keba et Sori, 2013). Nwosu *et al.* (2015c) ont démontré que *S. zeamais* préfère débiter ses attaques des grains sur des zones à proximité des germes qui sont reconnues comme des zones plus fragiles. Le voisinage du sillon central du grain près du germe constitue la zone par excellence de ponte des œufs de ce ravageur qui une fois éclosent, ils se nourrissent préférentiellement d'endosperme et de germe (Dal Bello *et al.*, 2001). De même, une étude menée aux Etats Unis sur le sorgho a montré que *R. dominica* commence également ses dégâts en attaquant à partir des germes et l'endosperme des grains (Arthur *et al.*, 2020). Ces observations témoigneraient le fort potentiel de destruction des germes par les insectes déprédateurs.

Les corrélations positives et significatives observées entre la production de la F1, les dégâts et les pertes d'une part et d'autre part avec l'indice de sensibilité indiquent que les dégâts des insectes déprédateurs dépendent fondamentalement du nombre d'individus de la génération F1. Nos résultats corroborent ceux de Suleiman *et al.* (2015) qui ont montré qu'il existe une corrélation positive entre les individus vivants de *S. zeamais* et le poids des frass ainsi que le pourcentage de pertes de poids. On constate que plus le poids des frass augmente plus l'indice de Dobie augmente traduisant ainsi une grande sensibilité des lignées de maïs étudiées. D'autres auteurs tels que Acheampong *et al.*, (2019), en étudiant la sensibilité de dix-huit (18) variétés de maïs au Ghana, ont démontré qu'il existe une forte

corrélation positive entre la production de la génération F1 et le poids des frass ainsi que le pourcentage de perte de poids et entre l'indice de sensibilité et les paramètres suscités. La production de la première génération (F1) étant dépendante du génotype (Kasozi *et al.*, 2016), la corrélation positive entre la génération F1 et le pourcentage de perte de poids ainsi que le poids des frass aurait probablement un lien avec les caractéristiques physiques, les facteurs nutritionnels (amyloses, lipides et protéines) et antinutritionnels (composés phénoliques) des grains (Akpodiete *et al.*, 2015 ; Arthur *et al.*, 2020).

L'humidité des grains connaît une hausse significative à l'issue des deux mois de stockage sous l'action des insectes ravageurs. Cette hausse du taux d'humidité des grains a probablement favorisé le développement des insectes déprédateurs. Le développement et l'accroissement progressif des insectes aurait ainsi joué un rôle primordial et créé les conditions favorables à l'augmentation de l'humidité des grains. Selon Kossou (1994), l'augmentation de la teneur en eau des grains entraîne un développement rapide de *S. zeamais*. L'humidité optimale des grains pour le développement des insectes déprédateurs des stocks est de 14% (Delobel et Tran, 1993). L'interaction grain/ravageur serait donc à l'origine de l'augmentation du taux d'humidité des grains.

Conclusion

Rhyzopertha dominica, *P. truncatus* et *S. zeamais*, ravageurs primaires des grains stockés, ont induit d'importantes pertes de poids et de production de poudre aux lignées de maïs étudiées. Ces dégâts varient d'une lignée à l'autre pour chaque ravageur. La durée de développement et la population de la génération F1 connaissent une variation en fonction des lignées. Ces variations indiquent que les dégâts des insectes ainsi que leur capacité reproductive dépendent du substrat alimentaire donc de la lignée. Selon les indices de Dobie obtenus, toutes les lignées sont résistantes à *R. dominica* mais sensibles aux attaques de *P. truncatus* et *S. zeamais*. Nonobstant la sensibilité des lignées de maïs à *P. truncatus* et *S. zeamais*, SEMA-3 présenterait des caractéristiques importantes car elle a subi le moins de perte de poids et de production de la génération F1. Le pouvoir germinatif des grains a connu une baisse potentielle après les attaques des insectes déprédateurs surtout dans le cas de *P. truncatus*. Les opérations post récolte de ces lignées de maïs nécessiteraient l'emploi d'autres

méthodes de lutte contre ces ravageurs des stocks afin de garantir la qualité commerciale et nutritionnelle des grains de maïs ainsi que leur pouvoir germinatif.

Références bibliographiques

- Abebe F., Tefera T., Mugo S., Beyene Y. and Vidal S., 2009. Resistance of maize varieties to the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (21) pp. 5937-5943.
- Acheampong A., Ayertey J. N., Eziah V. Y et Ifie B. E., 2019. Susceptibility of selected maize seed genotypes to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 81 62-68.
- Akpodiete O. N., Lale N. E. S., Umeozor O. C., Zakka U., 2015. Role of Physical Characteristics of the Seed on the Stability of Resistance of Maize Varieties to Maize Weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* (IOSR-JESTFT) ISSN: 2319-2399. Volume II 9 (2) 60-66.
- Alonso-Amelot M. E. and Avila-Núñez, J. L., 2011. Comparison of seven methods for stored cereal losses to insects for their application in rural conditions. *Journal of Stored Products Research* 47 (2), 82-87.
- Anonyme, 2014. Catalogue national des espèces et variétés agricoles du Burkina Faso. 81p.
- Anonyme, 2019. Analyse des pertes alimentaires : causes et solutions/Études de cas sur le sorgho, le maïs, le niébé au Burkina Faso. Rome. 218p.
- Arthur F. H., Bean S. R., Smolensky D., Cox S., Lin H. H., Peiris K. H. S. et Peterson J., 2020. Development of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) on sorghum: Quality characteristics and varietal susceptibility. *Journal of Stored Products Research* 87 101569.
- Carvalho M. O., Pires I., Barbosa A., Barros G., Riudavets J., Garcia A.C., Brites C. and Navarro S., 2012. The use of modified atmospheres to control *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* on stored rice in Portugal. *Journal of Stored Products Research*, (50): 49-56.

Dal Bello G., Padin S., Lopez L. C. and Fabrizio M., 2001: Laboratory evaluation of Chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research* (37): 77-84.

De Groote H., De Groote B., Bruce A. Y., Marangu C. et Tefera T., 2017. Maize storage insects (*Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus*) prefer to feed on smaller maize grains and grains with color, especially green. *Journal of Stored Products Research* 71, 72-80.

Delobel A. et Tran M., 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. éditions ORSTOM, Paris, France. 425 pp.

Guèye M. T., Seck D., Wathelet J. P., et Lognay G., 2011. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1), 183-194.

Holst N., Meikle W. G., Markham R. H., 2000. Grain injury models for *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in rural maize stores in West Africa. *Journal of Economic Entomology* 93, 1338-1346.

Jallow M. et Pitan O. O. R., 2021. Loss assessment of stored maize at different storage durations and maize weevil densities. *European Journal of Nutrition & Food Safety* 13 (3) : 45-53. 9p

Kasozi L. C., Derera J., Tongoona P., Tukamuhabwa P., Muwonge A., Asea G., 2016. Genotypic variation for maize weevil resistance in eastern and southern Africa maize inbred lines. *Uganda Journal of Agricultural Sciences* 17 (1), 8397.

Keba T. et Sori W., 2013. Differential resistance of maize varieties to maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *Journal of Entomology* 10, 1-12.

Kossou D. K., 1994. Effets des conditions de conservation sur la viabilité et la qualité de la variété de maïs NH2 (IRAT 42). In : Séminaire « Maïs prospère » 25-28 janvier 1994, Cotonou, Bénin. p. 214-217

Kumar, D., Kalita, P., 2017. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods* 6 (1) 8. Mbaye 2014. Gestion des risques liés à l'utilisation des pesticides de synthèse dans la conservation des produits halieutiques transformés.

Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 228p.

Muzemu, S., Chitamba, J., Goto, S., 2013. Screening of stored maize (*Zea mays* L.) varieties grain for tolerance against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motsch.). *International Journal of Plants Research* 3 (3), 17-22.

Ngom D., Fauconnier M. L., Malumba P., Dia C. A. K. M., Thiaw C. et Sembène M., 2020. Varietal susceptibility of maize to larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae), based on grain physicochemical parameters. *PLoS ONE* 15(4): e0232164.

Noosidum A. and Sangprajan S., 2014. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on stored maize in Thailand. *11th International Working Conference on Stored Product Protection*, pp. 820-827.

Nwankwo E. N., Egwuatu R. I., Okonkwo N. J. et Boateng B. A., 2014. Screening of ten maize varieties, *Zea mays* (L.) for resistance against *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) from different zones of Nigeria and Ghana. *Academic Journal of Entomology* 7 (1): 17-26.

Nwosu L. C., Adedire C. O. et Ogunwolu E. O., 2015a. Screening for new sources of resistance to *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) infestation in stored maize genotypes. *Journal of Crop Protection* 4 (3) : 277- 290.

Nwosu L. C., Adedire C. O. et Ogunwolu E. O., 2015c. Feeding site preference of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on maize grain. *Journal of Tropical Insect Science* 35 (2) 62-68.

Nwosu L. C., Adedire C. O., Ogunwolu E. O. et Ashamo M. O., 2015b. Relative susceptibility of 20 elite maize varieties to infestation and damage by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:

Curculionidae). *International Journal of Tropical Insect Science* Vol. 35, No. 4, pp. 185–192.

Ojo J. A. and Omoloye A. A., 2012. Rearing the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, on an artificial maize-cassava diet. *Journal of Insect Science* (12): 1-9.

Suleiman R., Rosentrater K. A. et Bern C. J., 2015. Evaluation of maize weevils *Sitophilus zeamais* Motschulsky infestation on seven varieties of maize. *Journal of Stored Products Research* (64) 97-102.

Waongo A., 2016. Etude de la bioécologie de *Rhyzopertha dominica* f. (coleoptera : bostrichidae) dans les stocks de sorgho (*Sorghum bicolor* [L.] moench) en zone nord-soudanienne du Burkina Faso : mise en place de stratégies de lutte. Thèse de Doctorat unique en science biologique option sciences appliquées, spécialité entomologie, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 115p.

Yusuf B. L. et He Y., 2011. Design, development and techniques for controlling grains post-harvest losses with metal silo for small and medium scale farmers. *African Journal of Biotechnology*, 10 (65): 14552–14561.

Zongo S., Ilboudo Z., Waongo A., Gnankiné O., Doumma A., Sembène M. et Sanon A., 2015. Risques liés à l'utilisation d'insecticides au cours du stockage du niébé (*Vigna unguiculata* L. walp.), dans la région centrale du Burkina-Faso. *REV. CAMES - VOL.03 NUM.01. 2015* * ISSN 2424-7235.