

Université Cheikh Anta Diop de Dakar



Faculté des Sciences et Techniques Ecole Doctorale «Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement » ED-SEV

Année : 2015

N° d'ordre : 162

Thèse de Doctorat

De Chimie et Biochimie des Produits Naturels

Présentée par

Ablaye FAYE

Activité biocide des feuilles d'*Azadirachta indica* A. Juss, de *Crataeva religiosa* Forst et de *Senna occidentalis* L. contre *Callosobruchus maculatus* Fabricius, principal ravageur des stocks de niébé au Sénégal

Soutenue le 30 octobre 2015

devant la commission d'examen composée de :

Président :	Abdoulaye SAMB	Professeur	FST / UCAD
Rapporteurs :	Dr Jean Yves Rasplus	Directeur de recherche	INRA / Montpellier
	Dr Cheikh THIAW	Maître de recherche	ISRA / CNRA Bambey
	Dr Emile Victor Coly	Directeur de Recherche	ISRA / CDH
Examineurs :	Ngor FAYE	Professeur	FST / UCAD
	Dr Sérigne Guèye DIOP	Chercheur	NESTLE / Abidjan
Directeur de thèse :	Mbacké SEMBENE	Professeur	FST / UCAD

DEDICACES

CE TRAVAIL EST DÉDIÉ À :

*MES REGRETTÉS FRÈRES DAOUA ET IBRAHIMA, QUI M'ONT
QUITTÉ À LA FLEUR DE L'ÂGE, QUE DIEU VOUS ACCUEILLE DANS SON
FIRDAWS*

*MA MÈRE KHADY FAYÉ, QUI A GUIDÉ MES PREMIERS PAS ET QUI
S'EST TOUJOURS DÉPLOYÉE POUR ME PROTÉGER*

*MON PÈRE NDIARA FAYÉ, QUI M'A APPRIS À ÊTRE PATIENT ET
ENDURANT MAIS ÉGALEMENT À RESPECTER AUTRUI QUEL QUE SOIT SON
HUMEUR*

*MON ÉPOUSE DIOR SENE, QUI M'A TOUJOURS SOUTENU DANS LES
PÉNIBLES ÉPREUVES*

MA FILLE MAME OUMY FAYÉ

*MA GRANDE MÈRE COUMBA THIAW ET À MON GRAND-PÈRE
MANSOUR THIAW, QUI NE CESSENT DE M'ENCOURAGER À PERSÉVÉRER ET À
ACCEPTER LA VOLONTÉ DIVINE*

*MES FRÈRES ET SCEURS MAMADOU, MODOU LAMINE, ALIOU, BJIBRIL,
BOUSSO, MOSSANE ET MARIAMA, QUI M'ONT TOUJOURS ENCOURAGÉS ET
ÉPAULÉS*

MES CAMARADES DE PROMOTION ET DE TOUS LES JOURS

REMERCIEMENTS

Tous les louanges sont à Allah, Le Tout Puissant, Le Clément, Le Miséricordieux, L'Omniscient, L'Omnipotent, L'Omniprésent
QUE Son Salut et Sa Paix soient sur Son Prophète Mouhamed

Cette thèse a été réalisée au laboratoire d'Entomologie d'Acarologie du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Dakar sous la direction du Pr Sembène.
Mes remerciements vont à la faveur de ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. La présentation de ces résultats m'incite à formuler des remerciements particuliers à l'endroit de :

Mon professeur Pape Mbacké Sembène : Je voudrais formuler des remerciements à votre faveur mais je ne trouve pas les mots à cet effet. Mais quand même je vous prie de bien vouloir recevoir mes très sincères remerciements et ma profonde gratitude. Votre disponibilité, votre simplicité, votre affection et vos encouragements aux étudiants font de vous un professeur hors paire.

Mr le professeur Ngor Faye : En témoignage de votre disponibilité, nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en siégeant dans ce jury. Votre rigueur dans les amphis et les salles de TP et votre sympathie au bureau m'ont tellement impressionné et faites de vous un professeur sans égal.

Mr le professeur Abdoulaye Samb : Vous m'avez donné la chance d'entrer dans le champ de la recherche par la chimie et biochimie des produits naturels que j'aime tant. Je vous dis merci et toute ma gratitude est à votre faveur.

Mr le Dr Cheikh Thiaw : Votre générosité, votre sens du partage, votre rigueur et votre simplicité font de vous un chercheur de premier rang. Je vous remercie de m'avoir aidé à l'exploitation de mes résultats, veuillez accepter mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance.

Mr le Dr Sérigne Guèye Diop : Votre savoir-faire, votre dynamisme dans la mise en place de projet de développement, font de vous un éminent scientifique. Vous, qui êtes toujours au service de la population de votre localité, merci d'avoir accepté de participer à l'évaluation de ce travail de thèse. Vous constituez un repère pour toute la jeunesse sandiaroise.

Merci au Dr RASPLUS, Directeur de L'INRA de Montpellier en France d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse et de figurer parmi les membres de ce jury.

Je remercie également le Dr Emile Victor Coly, Directeur de recherche à l'ISRA, de sa disponibilité d'être rapporteur de cette thèse, malgré toutes ses charges administratives.

Mme le Dr Absa Guèye Ndiaye : Vous, qui m'avez accepté sans conditions à mener toutes mes activités de recherches dans votre laboratoire. Votre rigueur dans les salles de cours, votre esprit d'organisation ainsi que votre générosité dans le domaine de la recherche font de vous un encadreur hors paire.

Mes remerciements vont à l'endroit de tous les membres de l'équipe de recherche « génétique des populations et d'entomologie », qui m'ont toujours servi de repère.

Tous mes camarades de promotion et particulièrement à Mor Moussa Fall, Mamadou Lô, Maguete Fall Diatta ; Aïssatou Bathily, Mame Ngoné Boye, Bécaille Sarr .

Mon ami Lamine Diamé, qui a beaucoup contribué à l'exploitation des résultats de cette thèse. Toute ma gratitude est en faveur du Dr Toffène Diome et du Dr Assane Ndong, ainsi que de Ndèye Penda Ndiaye et du Dr Fatimata Mbaye, qui m'ont beaucoup aidé dans la réalisation de ce document.

Mes frères et sœurs au Laboratoire : Malick Sarr, Niokhor Kadé, Codou Ndiaye et Ndeye Woré qui m'ont toujours servi de repère.

Mes camarades membres de l'amicale des étudiants de Sandiara (AEERS).

Mes camarades de tous les jours : Abdoulaye Faye, Ablaye Ndiaye, Mamour Sarr, Modou Sarr, Djibril Ndour, Aliou Faye, Gane Thiao, Abdoulaye Sarr, Seck Diouf, Khadim Tine.

Activité biocide des feuilles d'*Azadirachta indica* A. Juss, de *Crataeva religiosa* Forst et de *Senna occidentalis* L. contre *Callosobruchus maculatus* Fabricius, principal ravageur des stocks de niébé au Sénégal

Résumé

Le niébé est une légumineuse très convoitée par les populations ouest africaines et particulièrement par celles du Sénégal. Il constitue un aliment d'appoint aux céréales en période de soudure. Cette convoitise repose sur sa richesse en protéines et sur l'absence de contraintes majeures pour sa production. Il subit cependant des dégâts énormes causés par un coléoptère bruchidea, *C. maculatus*. Les pertes enregistrées peuvent atteindre 90% au-delà de 6 mois de stockage. Pour parer à ces dégâts, plusieurs auteurs se sont penchés à la recherche de méthodes alternatives à l'utilisation des insecticides de synthèses, souvent nuisibles aux populations animales et à l'environnement. Dans cette optique, nous avons testé l'impact biologique de différentes formulations à base de feuilles de certaines plantes indigènes du Sénégal (*C. religiosa*, *S. occidentalis* et *A. indica*) sur les formes externes de *C. maculatus*. L'activité biocide de *S. occidentalis* sur les formes externes de *C. maculatus* a été évaluée au laboratoire. Plusieurs formulations (contact, fumigation et extrait aqueux) ont été testées sur les œufs et sur les adultes de cet insecte. La plus grande mortalité embryonnaire (90,95% avec la dose la plus forte, D₄ (0,0218g/cm³)) a été enregistrée avec la fumigation avec les feuilles fraîches broyées. La fumigation occasionne toujours les plus fortes mortalités sur les adultes. Elle induit ainsi une élimination maximale (100%) des adultes avec la dose D₂ (0,00546g/cm³) dès le 8^{ème} jour d'application. Les autres formulations (extrait aqueux et contact) ont donné tous des mortalités conséquentes sur les formes externes de *C. maculatus*. Le broyage des feuilles fraîches d'*A. indica* par contact a induit des effets mortels considérables allant 96,12% à 100% sur les œufs ; alors qu'une réduction maximale des adultes a été enregistrée au terme de 8 jours d'impact avec les 3 plus fortes doses. La fumigation à son tour s'est révélée moins efficace que le contact sur les œufs. Elle a induit un effet maximal 95,73% de mortalités avec la plus grande dose (D₄ (0,02912g/cm³)). Cette dernière a éliminé tous les adultes dès le 7^{ème} jour des tests. L'extrait aqueux de la poudre de feuilles de neem s'est montré moins efficace que toutes les autres formulations sur les œufs ainsi que sur les adultes de cet insecte ; avec une plus grande mortalité (74,99%) observée sur les œufs avec l'application de la concentration C₂. Sur les adultes nous avons enregistré un effet maximum (100% de mortalité) dès le 13^{ème} jour de l'application avec la plus forte concentration (C₁). Le contact de feuilles broyées avec les adultes de *C. religiosa* occasionne des mortalités de 100% dès la 12^{ème} heure avec la dose D₄ (0,0218 g/cm³). Cette dernière induit également un effet biocide considérable (90%). Les tests de fumigation révèlent des effets adulticide (100%) et ovicide (86,49%) très intéressants avec la dose D₄ (0,02912g/cm³). Des effets ovicides de 57,7% ont été enregistrés avec la concentration 0,1g/cm³ d'extrait aqueux. Cette même concentration donne des mortalités de 100% au 7^{ème} jour sur les adultes de cet insecte. La rémanence de plusieurs plantes (*A. indica*, *C. religiosa* et *Senna occidentalis*) a été évaluée sur quelques paramètres biologiques (sex-ratio, dissuasion d'oviposition, taux d'émergence et nombre d'œufs pondus par femelle) de *C. maculatus* au laboratoire. Pour toutes les plantes appliquées, le sex-ratio est en faveur des femelles. Seul *A. indica* a donné un sex-ratio (70%) supérieur à celui des témoins (60%). L'étude comparative de l'effet dissuasif de l'oviposition de *C. maculatus* des trois plantes a révélé une plus grande efficacité de *S. occidentalis* avec l'application des concentrations C₁ (83,17%) et C₃ (98,55%). Par contre, pour C₂, c'est *A. indica* qui s'est montré plus déterminant (74,80%) sur ce paramètre de même que sur la réduction de l'émergence d'adultes de cet insecte. Comparativement aux témoins, les femelles issues des œufs des rescapés, ont pondu peu d'œufs.

Biocidal activity of leaves of *Azadirachta indica*, *Crataeva religiosa* Forst and *Senna occidentalis* L. against *Callosobruchus maculatus* Fabricius main pest of cowpea stocks in Senegal

Summary

Cowpea is a legume very coveted by West Africans people and especially by those of Senegal. It is an adjunct to lean period grain food. This greed is based on its high protein content and the absence of major constraints for its production. However it undergoes enormous damages caused by bruchidea beetle, *C. maculatus*. Recorded losses can reach 90% beyond 6 months of storage. To avoid this damages, several authors have addressed themselves to the search for alternative methods to the use of summaries of insecticides, often harmful to animal populations and the environment. In this context, we tested the biological impact of different formulations based on leaves of some plants native of Senegal (*C. religiosa*, *S. occidentalis* and *A. indica*) on the external forms of *C. maculatus*. The biocidal activity of *S. occidentalis* on the external forms of *C. maculatus* was evaluated in the laboratory. Several formulations (contact, fumigation and aqueous extract) were tested on eggs and adults of this insect. The greater embryonic mortality (90,95 % with the higher dose, D₄ (0,0218g / cm³)) was recorded to the fumigation with the crushed fresh leaves. Fumigation always causes the greatest mortality in adults. It thus induces a maximum removal (100 %) of adults with the dose D₂ (0,00546g/cm³) from the 8th day of application. Other formulations (aqueous extract and touch) gave all consequent mortalities on the external forms of *C. maculatus*. The grinding of the fresh leaves of *A. indica* contact induced significant lethal effects from 96,12% to 100% on the eggs; while the elimination of adults was recorded after 8 days of impact with the three higher doses. Fumigation in turn proved less effective than the contact on eggs. It induced a maximal effect of 95.73% mortality with the larger dose (D₄ (0,02912g / cm³)) on adults. The latter eliminated all adults from the 7th day of the tests. The aqueous extract of the neem leaves powder was less effective than all the other formulations on the eggs as well as on adults of this insect; with a higher mortality rate (74,99%) observed on the eggs with the application of the concentration C₂. Of the adults we recorded maximum effect (100% mortality) as of the 13th day of the application with the highest concentration (C₁). The contact of the crushed leaves with adult *C. religiosa* causes 100% mortality at the 12th hour with the dose D₄ (0,0218g/cm³). The latter also induces a significant biocidal effect (90%). Fumigation tests reveal adulticide effects (100%) and ovicide (86.49%) with very interesting D₄ dose (0,02912g/cm³). The ovicidal effects of 57,7% was recorded with concentration 0,1 g/cm³ to aqueous extract. The same concentration gives 100% mortality at 7th day on adults of this insect. The persistence of several plants (*A. indica*, and *C. religiosa*, *Senna occidentalis*) was assessed on some biological parameters (sex ratio, oviposition deterrence, emergence rate and number of eggs per female) of *C. maculatus* in the laboratory. For all applied plants, the sex ratio in favor of females. Only *A. indica* gave a sex ratio (70%) higher than controls (60%). The comparative study of the deterrent effect of oviposition of *C. maculatus* three plants showed greater efficiency of *S. occidentalis* with the application concentrations of C₁ (83,17%) and C₃ (98,55 %). By cons, for C₂, is that *A. indica* was more determinant (74,80%) on this parameter as well as on reducing the emergence of adults of this insect. Compared with controls, the eggs from female survivors, have laid few eggs.

Mots clés : *C. maculatus*, niébé, *S. occidentalis*, *C. religiosa*, *A. indica*, ovicide, adulticide, paramètres biologiques, fumigation, contact, extrait aqueux

Formation doctorale : Chimie et Biochimie des Produits Naturels
ED-SEV/UCAD/Dakar/Sénégal

Liste des abréviations

IITA : Institut International d'Agriculture Tropicale
FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
LMR : limites maximales de résidus
FAO : Food and Agriculture Organization
CGIAR : Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale
T : Tonne
°C : Degré Celsius
Aza : Azadirachtine
F1 : première génération
PMP : Philippine Medical Plants
MEA/SIFOR : Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement République du Mali
DDT : Dichloro-Diphényle-Trichloroéthane
HCL : acide chlorhydrique
DL50 : dose létale 50
CL50 : concentration létale
DPV : Direction de la Protection des Végétaux
ONG : organisation non gouvernementale
HE : huiles essentielles
CILSS : Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel

Liste des tableaux

Tableau 1: Les principaux ravageurs du niébé au Sénégal: niveau et importance des attaques.....	13
Tableau 2: Quelques insecticides recommandés contre les ravageurs du niébé.....	14
Tableau 3: Composition chimique de 100g de graines de niébé crues (Singh, 1990).....	16
Tableau 4: Quelques espèces couramment utilisées dans les greniers paysans contre les insectes des stocks au Sénégal et en Afrique de l'ouest.....	31
Tableau 5: Insecticides autorisés dans le traitement des denrées alimentaires (extrait de la liste des pesticides autorisés par le CSP du CILSS, version de juillet 2009).....	32
Tableau 6: Quelques insecticides de synthèse utilisés pour la protection des denrées entreposées au Sénégal.....	46
Tableau 7: Les composés bioactifs d' <i>Azadirachta indica</i> (Biswas <i>et al</i> , 2002).....	51
Tableau 8: Utilisation des organes de <i>C. religiosa</i> au Burkina Faso.....	61
Tableau 9: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par le contact des feuilles fraîches broyées de <i>C. religiosa</i>	67
Tableau 10: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par la contact des feuilles fraîches broyées de <i>Senna occidentalis</i>	67
Tableau 11: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par la contact des feuilles fraîches broyées d' <i>Azadirachta indica</i>	68
Tableau 12: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées de <i>C. religiosa</i>	83
Tableau 13: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées de <i>Senna occidentalis</i>	84
Tableau 14: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées d' <i>Azadirachta indica</i>	84
Tableau 15: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de <i>Crateva religiosa</i>	100
Tableau 16: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles <i>Senna occidentalis</i>	100
Tableau 17: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de <i>C. maculatus</i> induite par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles d' <i>Azadirachta indica</i>	101

Liste des figures

Figure 1: Plante de niébé avec ses inflorescences et ses fruits.....	9
Figure 2: Distribution géographique de <i>C. maculatus</i> en Afrique	19
Figure 3: Adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> (femelle à gauche et mâle à droite) sur des graines de niébé.	20
Figure 4: Structuration des organes génitaux de <i>C. maculatus</i>	23
Figure 5: Stades de développement de <i>C. maculatus</i>	25
Figure 6: Graines saines et Graines de niébé infestées par <i>C. maculatus</i>	27
Figure 7: Dégâts de <i>C. maculatus</i> sur les graines de pois d'angole bruchés.....	27
Figure 8: Utilisation régionale des pesticides, données 2010 ; Source: FAOSTAT	33
Figure 9: Greniers de conservation de légumineuses en terre cuite recouverts d'une toiture de chaume	37
Figure 10: Evolution du taux d'attaque des graines de Niébé à base de la poudre d' <i>Ocimum basilicum</i>	41
Figure 11: Feuilles et inflorescences du neem.....	45
Figure 12: fleurs et fruits du neem.....	46
Figure 13: Structure de quelques molécules isolées des organes du neem (Faye, 2010).....	50
Feuilles 14: Feuilles et fleurs de <i>Senna occidentalis</i>	52
Figure 15: Feuilles, fleurs et inflorescences de <i>Crateava religiosa</i>	57
Figure 16: Feuilles et fruits de <i>C. religiosa</i>	57
Figure 17: Procédé d'élevage de masse.....	64
Figure 18: Comparaison des mortalités induites par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes sur les œufs de <i>C. maculatus</i>	69
Figure 19: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par le contact des feuilles fraîches broyées de <i>Senna occidentalis</i>	70
Figure 20: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par le contact des feuilles fraîches broyées de <i>Crataeva religiosa</i>	71
Figure 21: Mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par le contact des feuilles fraîches broyées d' <i>Azadirachta indica</i>	72
Figure 22: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₁	73
Figure 23: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₂	74
Figure 24: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₃	75
Figure 25: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₄	76
Figure 26: procédé des tests de fumigation.....	82
Figure 27: Comparaison des effets ovicides induits par la fumigation des feuilles fraîches broyées des différentes plantes utilisées.....	85

Figure 28: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées de <i>C. religiosa</i>	86
Figure 29: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées de <i>S. occidentalis</i>	87
Figure 30: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées d' <i>A. indica</i>	82
Figure 31: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₁	89
Figure 32: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₂	90
Figure 33: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₃	91
Figure 34: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D ₄	92
Figure 35: Schéma du procédé d'extraction de la poudre des feuilles des trois plantes.....	98
Figure 36: Procédé des tests biocides avec l'extrait aqueux.....	99
Figure 37: Comparaison de la mortalité des œufs traités avec l'extrait aqueux des différentes plantes en fonction des concentrations.....	102
Figure 38: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de <i>C. religiosa</i>	103
Figure 39: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de <i>S. occidentalis</i>	104
Figure 40: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de <i>C. maculatus</i> induite par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de <i>A. indica</i>	105
Figure 41: Comparaison de l'efficacité adulticide de la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose C ₁	106
Figure 42: Comparaison de l'efficacité adulticide de la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose C ₂	107
Figure 43: Comparaison de l'efficacité de la fumigation des trois plantes avec l'application de la dose C ₃	108
Figure 44: Sex-ratio des adultes issus des œufs traités avec l'extrait aqueux des différentes plantes.....	115
Figure 45: Effet dissuasif de <i>C. religiosa</i> sur l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i>	116

Figure 46: Effet dissuasif de <i>S. occidentalis</i> sur l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i>	117
Figure 47: Effet dissuasif d' <i>A. indica</i> sur l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i>	118
Figure 48: Comparaison de la dissuasion de l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i> avec l'utilisation de C ₁	119
Figure 49: Comparaison de la dissuasion de l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i> avec l'utilisation de C ₂	120
Figure 50: Comparaison de la dissuasion de l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i> avec l'utilisation de C ₃	122
Figure 51: Taux d'émergence des adultes issus des œufs pondus par les rescapés de <i>C. maculatus</i>	123
Figure 52: Nombre d'œufs pondus par femelle rescapée de <i>C. maculatus</i> en fonction de la concentration avec l'application des différentes plantes.....	123

Sommaire

Dédicaces.....	I
Remerciements.....	II
Résumé.....	III
Liste des abréviations.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des figures.....	VI
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	05
I. Généralité sur le niébé (<i>Vigna unguiculata</i> Walp.).....	06
I.1-Originine et répartition géographique.....	06
I.2-Taxonomie et description.....	06
I.2.1-Taxonomie.....	06
I.2.2-Description.....	08
I.3. Les ennemis de la culture et du stock de niébé.....	10
I.3.1. Les insectes de pré-floraison.....	10
I.3.2. Les insectes de floraison/post floraison.....	11
I.3.3. Les insectes des stocks de niébé.....	12
I.4-Valeur alimentaire et importance économique.....	15
II. Généralités sur les Coléoptères Bruchidae.....	17
III. Généralités sur <i>Callosobruchus maculatus</i>.....	19
III.1. Répartition géographique.....	19
III.2. Description et position systématique.....	19
III.2.1. Description.....	19
III.2.2. Systématique.....	21
III.3. Reproduction.....	22
III.4. Dégâts de <i>C. maculatus</i> sur le niébé.....	25
IV. Méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées entreposées.....	27
IV.1. Les techniques culturales.....	27
IV.2. Lutte chimique.....	28
IV.2.1. Les insecticides de contact.....	29
IV.2.2. Les fumigants.....	32
IV.3. Lutte physique.....	33
IV.4. Lutte biologique.....	35
V. Etat des connaissances sur l'effet insecticide des plante.....	38
VI. Généralités sur le neem <i>Azadirachta indica</i>.....	44
VI.1. Origine et répartition.....	44
VI.2. Taxonomie et Description du neem.....	44
VI.2.1. Taxonomie.....	44
VI.2.2. Description.....	44
VI.3. Usage et intérêt de la plante.....	46

VI.4. Composition chimique de la plante.....	48
VII. Généralités sur <i>Senna occidentalis</i>.....	51
VII.1. Description botanique et position systématique.....	51
VII.2. Origine et répartition géographique	54
VII.3. Utilisations et propriétés de la plante.....	54
VII.4. Composition chimique de la plante	55
VIII. Généralités sur <i>Crataeva religiosa</i>.....	56
VIII.1. Description botanique et position systématique.....	56
VIII.1.1. Description botanique.....	56
VIII.1.2. Systématique de <i>Crataeva religiosa</i>	56
VIII.2. Distribution.....	57
VIII.3. Usage et intérêt de la plante.....	59
VIII.4. Composition chimique de la plante.....	61

Chapitre II : Tests de contact avec broyat de feuilles fraîches

broyées	63
Introduction.....	64
I. Matériels et méthode.....	64
I.1. Récolte et conservation.....	64
I.2. Elevage de masse.....	65
I.3. Mode opératoire des tests de contact.....	65
II. Résultats.....	66
II.1. Effet ovicide.....	66
II.1.1. Effet ovicide des différentes plantes.....	66
II.1.2. Comparaison de l'effet ovicide.....	68
II.2. Effets adulticides.....	69
II.2.1. Effets adulticides des différentes plantes.....	69
II.2.2. Comparaison de l'effet adulticide des différentes plantes par dose.....	72
III. Discussion.....	77
Conclusion	79

Chapitre III : Tests de fumigation avec le broyat des feuilles

fraîches.....	80
Introduction.....	81
I. Matériel et méthodes.....	81
II. Résultats.....	82
II.1. Effet ovicide.....	82
II.1.1. Effet ovicide des différentes plantes.....	82
II.1.2. Comparaison de l'effet ovicide.....	84
II.2. Effet adulticide.....	85
II.2.1. Effet adulticide des différentes plantes.....	86
II.2.2. Comparaison de l'effet adulticide de la fumigation par dose.....	88

III. Discussion.....	92
Conclusion.....	95

Chapitre IV : Tests de contact avec l'extrait aqueux96

Introduction.....	97
I. Matériel et méthode.....	97
II. Résultats.....	99
II.1. Mortalité des œufs.....	99
II.1.1. Effet ovicide des différentes plantes.....	99
II.1.2. Comparaison de l'effet ovicide.....	101
II.2. Mortalité des adultes.....	102
II.2.1. Effet adulticide de l'extrait aqueux des différentes plantes.....	102
II.2.2. Comparaison de l'effet adulticide de l'extrait aqueux des différentes plantes par dose.....	105
III. Discussion.....	108
Conclusion.....	111

Chapitre V : Détermination de quelques paramètres biologiques de *C. maculatus* sous l'impact de l'extrait aqueux de la poudre de certaines plantes (*C. religiosa*, *S. occidentalis* et *A. indica*).....112

Introduction.....	113
I. Matériel et méthode.....	113
II. Résultats.....	114
II.1. Le sex-ratio.....	114
II.2. La dissuasion de l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i>	115
II.2.1. La dissuasion de l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i> en fonction des plantes.....	115
II.2.2. Comparaison de l'effet dissuasif de l'oviposition des rescapés de <i>C. maculatus</i> des trois plantes en fonction de la concentration.....	118
II.3. Impact de la rémanence de l'extrait aqueux des différentes plantes sur l'émergence des adultes <i>C. maculatus</i>	121
II.4. Impact de la rémanence de l'extrait aqueux des différentes plantes sur le nombre d'œufs pondus par femelle de <i>C. maculatus</i>	122
III. Discussion.....	123
Conclusion.....	127

Conclusion générale et perspectives.....128

Références bibliographiques133

Annexes : Publications.....A

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La population ouest africaine est majoritairement paysanne. Les revenus des paysans sont limités au rendement de leurs récoltes, qui sont souvent dérisoires à cause de l'état des sols cultivables ainsi que de la diminution notable de la pluviométrie. Ces faibles rendements causent souvent des problèmes d'autosuffisance alimentaire. La résolution de ce problème mène souvent les gouvernements des pays en voies de développement à mettre en place des stratégies d'amélioration et de fertilisation des terres. Ils se penchent également à la diversification des cultures vivrières. En parlant de ces dernières, on pense souvent aux céréales, alors que les légumineuses peuvent grandement concourir à la nutrition des populations tropicales et subtropicales du globe. En effet l'arachide et le niébé constituent les légumineuses les plus cultivées dans ces régions. Ces légumineuses ont longtemps été destinées à la commercialisation ; ainsi leur vente constitue une source de revenu très importante pour les paysans des régions sahéliennes. Mais présentement, le niébé est considéré comme une légumineuse alimentaire d'importance capitale dans le monde. Pour cette raison, il est cultivé dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde. Sa production mondiale dépasse les 3 millions de tonnes (FAOSTAT, 2004), dont plus de la moitié est obtenue en Afrique de l'ouest. En outre, la production ouest africaine est dominée par le Nigéria. Le niébé, très convoité par les populations autochtones des régions tropicales et subtropicales du monde, est très riche en protéines. Sa convoitise repose également sur sa composition en acides aminés. En effet le niébé renferme tous les acides aminés nécessaires à l'alimentation humaine à l'exception des acides aminés soufrés (Smart, 1964). Le niébé est l'une des légumineuses les plus riches en protéines, Alzouma (1995) les estime 20 à 25% de son poids sec. Ainsi les paysans pourront se passer des protéines d'origine animale, très coûteuses et pas toujours accessibles pour les paysans. Il peut donc contribuer à l'effort des gouvernements africains dans la recherche de l'autosuffisance alimentaire. En Afrique de l'Ouest, la saison des pluies dure en moyenne 3 mois et oblige les paysans à entreposer leurs récoltes afin de pouvoir en disposer en cas de besoin : chose pas toujours aisée à cause des déprédateurs. Durant son stockage, *Vigna unguiculata* est souvent victime d'une infestation désastreuse. Cette destruction est l'œuvre de certains Coléoptères Bruchidés, tels que *Callosobruchus maculatus* Fab. et *Brucidius atrolineatus* Pic., qui apparaissent dans les cultures à la fin de la saison des pluies et s'y reproduisent lors de la période de fructification du niébé. En effet ces insectes consomment les réserves contenues dans les cotylédons des graines de niébé (Huignard *et al.*, 1995 ; Huignard *et al.*, 1985). L'infestation qui avait commencé au champ se poursuit dans les stocks sur les graines et les gousses sèches. Celle-ci provoque des dégâts énormes pouvant aller jusqu'à la destruction totale des stocks. Ces dégâts

sont le plus assignés à l'impact de la bruche du niébé, *C. maculatus*. Ce dernier est le plus redoutable destructeur des graines du *V. unguiculata* car pouvant se maintenir dans les stocks durant tout le moment de l'entreposage. Par conséquent *C. maculatus* peut occasionner des pertes en graines allant 80 à 100% après 5 à 6 mois de stockage. En effet cet insecte trouve dans les stocks des conditions écologiques favorables à sa pullulation et ainsi plusieurs générations peuvent se succéder dans les stocks pendant la durée de l'entreposage. Par ailleurs, au cours de leur développement, les larves de cette bruche éliminent l'azote sous forme d'acide urique toxique qui s'accumule à l'intérieur des graines, ce qui rend le niébé parasité impropre à la consommation (Gauthier, 1996). En outre l'infestation du niébé par la bruche à quatre tâches ou bruche maculée, favorise le développement de certains champignons tels que les moisissures et celui d'autres parasites. . Finalement, l'effet additif des différents dégâts peut occasionner des pertes économiques de 100% (Ndiaye, 1991). Pour parer à ces dégâts, les agriculteurs faisaient souvent recours à l'utilisation de certains organes de plantes tels que les feuilles. Ainsi le broyat de feuilles de certaines plantes (*Cassia spp*, *Azadirachta indica* Juss., *Hyptis spp*, *Boscia senegalensis*) a été utilisé ; car renfermant des substances chimiques à effet répulsif et anti-appétant (Philogène, 1991 ; Thiaw, 2008). L'arrivée des insecticides de synthèses avec leurs effets immédiats notoires a rangé aux oubliettes les méthodes traditionnelles de lutte contre les ravageurs. Ces insecticides de synthèses vont occuper pendant longtemps le champ de la protection des cultures ainsi que des récoltes. Leur utilisation abusive et non raisonnée a permis de découvrir leurs limites. En effet, ces insecticides de synthèses présentent des effets néfastes sur la santé des populations ainsi que sur l'environnement. Par ailleurs certaines souches d'insectes, présentent des résistances notoires face à ces insecticides de synthèses. En effet, l'utilisation abusive des insecticides chimiques (parfois prohibés), la défaillance de précaution dans leur manipulation et le non-respect des délais de carence sont autant de facteurs qui entraînent la résistance des insectes nuisibles, l'élimination des ennemis naturels de ceux-ci, des problèmes de santé (aux consommateurs et aux agriculteurs) et la pollution de l'environnement. A ces problèmes s'ajoutent des difficultés d'accès aux marchés (surtout des pays développés), à cause de la fixation des limites maximales de résidus (LMR) de pesticides pour les denrées alimentaires destinées à l'exportation (Kétoh, 1998). Face aux effets pervers des insecticides de synthèse, plusieurs scientifiques se penchent sur la recherche de méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs des denrées entreposées. Ainsi plusieurs auteurs vont s'appuyer sur les méthodes traditionnelles de lutte contre les insectes, pour mettre en place des formulations adaptées à la réduction des dégâts induits par les insectes sur les récoltes sans constituer de

danger aux populations ainsi qu'à l'environnement (Gueye, 2009; Al-Hazmi, 2013 ; Bambara et Tiemtoré, 2008 ; Faye *et al.*, 2014 ; Mbaye *et al.*, 2014). Dans cette perspective, nous nous sommes assignés de mettre en place une méthode de lutte efficace et facilement applicable par les paysans. A cet effet, nous avons testé plusieurs formulations à base de feuilles de certaines plantes (*Azadirachta indica*, *Senna occidentalis* et *Crataeva religiosa*) à l'encontre du plus redoutable destructeur du niébé stocké, *Callosobruchus maculatus*.

Notre travail est subdivisé en cinq chapitres :

- ▶ Dans le premier, nous allons présenter le bilan bibliographique des connaissances relatives à l'insecte ravageur, *C. maculatus*, aux méthodes de lutte contre les ravageurs, aux plantes à tester, ainsi qu'à la plante hôte.
- ▶ Le second chapitre sera consacré à la description de la méthodologie appliquée, à la présentation des résultats des tests de contact avec les broyats de feuilles des différentes plantes utilisées (*Azadirachta indica*, *Senna occidentalis* et *Crataeva religiosa*), ainsi qu'à leur discussion.
- ▶ Dans le troisième chapitre, il sera question de relater la procédure enclenchée pour tester la fumigation des broyats de feuilles des plantes testées (*Azadirachta indica*, *Senna occidentalis* et *Crataeva religiosa*). Nous allons également présenter les résultats obtenus et mener une discussion de ces derniers.
- ▶ Le quatrième chapitre sera le champ de l'étalage de la méthode d'extraction de la poudre de feuilles des différentes plantes testées (*Azadirachta indica*, *Senna occidentalis* et *Crataeva religiosa*) ainsi que le mode opératoire des tests entrepris et de la présentation des différents résultats obtenus ainsi qu'à leur discussion.
- ▶ Dans le dernier chapitre, nous montrerons l'impact de la rémanence de l'extrait aqueux de la poudre des différentes plantes testées sur quelques paramètres biologiques de *Callosobruchus maculatus*.

CHAPITRE I

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralité sur le niébé (*Vigna unguiculata* Walp.)

I.1. Origine et répartition géographique

Le niébé, *Vigna unguiculata* Walp, serait originaire de l'ancien monde et de l'Asie. Certains auteurs affirment son origine en Afrique Occidentale, et très vraisemblablement au Nigeria où les espèces sauvages et adventices pullulent dans les savanes et les forêts (IITA, 1982). C'est ainsi qu'il est connu par certaines civilisations africaines depuis des millénaires (5000 ans avant Jésus Christ) (Murdock, 1959). Elle aurait été domestiquée à partir d'un complexe des sous espèces mensensis dans les zones humides et dekindtiana dans les zones arides en Afrique de l'Ouest (Faris, 1965; Rawal, 1975; Steele, 1976; Steele & Mehra, 1980; Mathon, 1981 ; Demeure, 1985). Ce n'est que beaucoup plus tard qu'elle aurait été introduite en Inde par les échanges commerciaux. Il a une extension géographique très importante. Actuellement le niébé est cultivé dans toutes les zones tropicales, dans le bassin méditerranéen et aux Etats-Unis. Il est ainsi rencontré au Sénégal, en Guinée, en Sierra Léone, au Libéria, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Nigeria, au Niger, au Tchad, au Cameroun, en Angola, en Abyssinie et en Afrique Orientale.

Au Sénégal, il est cultivé dans tout le pays souvent en association avec les céréales telles que le mil, le maïs et le sorgho. On peut également le cultiver seul ou en association avec l'arachide.

I.2. Taxonomie et description

I.2.1. Taxonomie

V. unguiculata appartient à la super famille des Légumineuses et à la famille des *Fabaceae*. Il est classé dans le genre *Vigna* et appartient à la tribu des *Phaseoleae*. Au sein des *Phaseoleae*, on rencontre dans les genres *Vigna* et *Phaseolus*, des espèces cultivées : *V. unguiculata*, *V. subterranea* en Afrique, *V. mungo*, *V. aconitifolia*, *V. radiata*, *V. angularis*, *V. umbellata* en Asie ; *P. vulgaris*, *P. lunatus* et *P. acutifolius* en Amérique. La systématique de *V. unguiculata* est la suivante :

V. unguiculata inclut les formes cultivées du niébé, *V. unguiculata* subsp. *unguiculata* var. *unguiculata*, des formes spontanées annuelles, *V. unguiculata* subsp. *unguiculata* var. *spontanea*, et des formes pérennes, réparties entre dix sous-espèces (Pasquet, 1996). Le niébé est une espèce diploïde, avec $2n = 22$ chromosomes de petite taille, comme chez la plupart des espèces de *Phaseolinae* (Marechal *et al.*, 1978).

Selon Verdcourt, 1970 ; Ouedraogo, 1991, l'espèce *unguiculata* est divisé en 4 unités taxonomiques : quatre sous espèces et une variété.

- Subsp *Unguiculata* (L) Walp Verde.

Cette sous espèce regroupe toutes les variétés d'origine africaine.

- subsp *cylindrica* (L) Van Eseltine

Cette sous espèce cultivée est d'origine indienne.

- subsp *sesquipedalis* (L) Verde.

Cette sous espèce cultivée est à la fois d'origines indienne, chinoise et asiatique.

- subsp *dekindtiana* (Harms) Verde.

- subsp *mensensis* (Schwein) Verde,

Les ancêtres des cultivars africains, ces sous-espèces sauvages sont d'origine africaine.

- La variété *Protacta* (E. Mey) Verde.

C'est une variété sauvage de *V. unguiculata* (L) Walp.

Selon Maréchal *et al.* (1978), les trois sous-espèces précédentes: *unguiculata*, *cylindrica* et *sesquipedalis* sont ici réduites à des unités taxonomiques dénommées cultigrupes (CVGR), leur coefficient de similarité atteignant 97 à 98 %. Un cultigrupe est un ensemble de cultivars qui se distinguent les uns des autres par un nombre réduit de caractères (dimensions des graines et des gousses). Ces unités auraient l'avantage de définir des entités génétiques qui sont à la base des cultivars actuels. Certains auteurs (Ohashi, 1975) pour des raisons floristiques, leur préfèrent le statut de variété. L'espèce *unguiculata* se divise en 4 sous-espèces désignées comme suit:

- subsp. *unguiculata*

Elle se compose donc de 3 cultigrupes : *unguiculata* E. Westphal, *biflora* E. Westphal, *sesquipedalis* E. Westphal et *textilis*

- subsp. *deldndtiana*

Elle regroupe les deux variétés *deldndtiana* et *mensensis* de la classification de Verdcourt, ainsi que les variétés *pubescens* (R. Wilczek) et *protracta* (E. Mey)

- deux autres sous-espèces, subsp. *stenophila* (Harvey) et subsp *tenuis* (E. Mey) complètent cette classification.

Le *V. unguiculata* cultivé en Afrique de l'Ouest appartiendrait à la sous-espèce *unguiculata* Walp Verdc. Sa classification peut être résumée de la façon suivante:

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Fabales

- Famille : Légumineuses
- Sous-famille: Papilionaceae
- Tribut : Phaseoleae
- Genre : Vigna
- Espèce : *Vigna unguiculata*
- Sous-espèce: unguiculata Walp Verde.

I.2.2. Description

Le niébé est une légumineuse herbacée annuelle volubile autogamme, à feuilles trifoliées alternes. Les folioles sont souvent hastées, les latérales un peu falquées et présentent des longueurs comprises entre 3 et 10 cm ; par contre leurs largeurs sont de 2 à 3cm vers la base et de 10 à 15mm vers le milieu. Il présente un port traînant ou redressé d'environ 50cm de haut ou plus. Les fleurs sont en glomérule au sommet d'un pédoncule axillaire long de 4 à 5cm ; la corolle mauve bleuâtre, est longue et large de 20 à 22mm. *V. unguiculata* a des gousses cylindriques indéhiscentes longues de 7 à 10cm, marquées de renflements à l'emplacement des graines et terminées par un style à extrémité obtuse ; chacune contient 8 à 15 graines.



a.



b.

Figure 1. Champ (b) et plante (a) de niébé avec ses inflorescences et ses fruits

Les graines sont oblongues rectangulaires et sont un peu dissymétriques avec une longueur de 4mm et une largeur de 2.5mm. Leur forme est en général ovoïde ou arrondie. Elles peuvent être aussi grosses que des haricots moyens, aussi petits que des *Phaseolus aureus*. Les graines de *V. unguiculata* sont plus mates que celles de haricot. Les graines peuvent être de couleurs très variables : unis, de couleur ivoire, crème, rouge brique, marron ou noir ; bicolores, ivoire

et noir ou crème et marron ; tachetés, ivoire et noir. Le niébé présente plusieurs variétés qui diffèrent par la nature de leur port, la longueur et la couleur des gousses ainsi que la forme, la couleur et la longueur des graines. Les principales variétés rencontrées au Sénégal sont : Mougne, Mélakh, Baay Ngagne, Ndiambour, Bambey 21, Mouride, Ndout, 58-57, 89-504 et Diongoma. Elles sont toutes sensibles aux bruches. Le système racinaire est composé d'une racine principale pivotante et des racines secondaires donnant des nodosités fixatrices d'azote. Le cycle végétatif du niébé est en moyenne d'une dizaine de jours plus long que celui du haricot. Le cycle varie de 65-70 jours (pour les plus précoces) à 140-150 jours (pour les variétés de contre saison). Les températures optimales de culture se situent entre 25 et 28° C. A des températures supérieures à 32-35° C, on observe une chute des fleurs et des gousses.

I.3. Les ennemis de la culture du niébé

Le niébé présente plusieurs ennemis potentiels. L'impact de ces ennemis sur la culture du niébé s'échelonne sur toute la durée de son cycle de développement. Les insectes occupent une place importante dans l'infestation de la culture de niébé. Ces insectes peuvent être classés en trois principaux groupes selon l'état végétatif de la plante infestée. Nous avons ainsi des insectes de pré-floraison, des insectes de floraison/post-floraison et ceux du stock de niébé.

I.3.1. Les insectes de pré-floraison

Ce stade de développement est caractérisé par une vulnérabilité de la plante à l'effet de certains groupes d'insectes : les jassides, les pucerons et les galeruques.

Les jassides (*Empoasca spp*) attaquent le niébé au début de sa croissance. Aussi bien les adultes que les larves piquent intensément principalement au niveau des nervures foliaires de la face inférieure. Ces dégâts se manifestent par le gaufrage et l'enroulement vers le bas du limbe ainsi que la coloration en rouge et le dessèchement des parties marginales. Ils affectent ainsi les feuilles, qui prennent une coloration jaunâtre sur les bords et les nervures. Les limbes des feuilles infestées s'enroulent vers le bas, se dessèchent puis tombent. Les plantes de niébé attaquées par les jassides se recroquevillent et deviennent moins vigoureuses et vulnérables aux maladies (Singh et Van Emden, 1979).

L'adulte des pucerons (*Aphis craccivora*), est un insecte de couleur noir brillant et de taille moyenne. Outre les dégâts infligés à la plante, il transmet le virus de la mosaïque du niébé. Il est également l'agent vecteur de la rosette de l'arachide. L'insecte endommage les plantules de niébé en prélevant la sève sur la face inférieure des jeunes feuilles, les jeunes tiges

succulentes et les gousses des plantes arrivées à maturité. Le miellat déposé sur la plante est la preuve de l'alimentation des aphides sur le niébé (Dugje *et al.*, 2009). Ils provoquent ainsi un rabougrissement de la plante et l'avortement des fleurs.

Nous notons également l'existence d'autres insectes nuisibles à ce stade de développement de cette plante tels que *Ootheca mutabilis* Sahlb et *Medythia quaterna* Fairm. Le premier est un insecte de feuillage qui se nourrit d'abord de portion de limbe comprise entre les nervures et finit par détruire des plages entières. Le second insecte s'attaque aux bords des feuilles nouvellement formées de jeunes plants de niébé.

I.3.2. Les insectes de floraison et post floraison

Ce groupe est caractérisé par des insectes qui s'attaquent aux fleurs de niébé et regroupe principalement les thrips, la pyrale du niébé et les méloïdes.

Le thrips des fleurs de niébé (*Megalurothrips sjostedti*) est un petit insecte noir de l'ordre des Thysanoptères. Les adultes sont fréquemment responsables de la perte totale de la culture. Ils sont trouvés sur les boutons floraux et sur les fleurs de cette plante. Les plants gravement atteints ne produisent pas de fleurs. Lors d'attaques massives, les fleurs ouvertes sont déformées et décolorées. Les boutons floraux et les fleurs tombent trop tôt et empêchent ainsi la formation des gousses (Dugje *et al.*, 2009).

Les méloïdes (*Mylabris spp.*), insectes qui se nourrissent sur les fleurs de niébé infligeant d'énormes dégâts à la culture. Une invasion massive des méloïdes peut occasionner une perte totale de rendement. L'adulte est attiré par le pollen du maïs. Par conséquent, le niébé installé à proximité d'un champ de maïs ou associé à celui-ci subit généralement des dégâts considérables. Il est difficile de combattre les méloïdes à l'aide d'insecticides dans la mesure où ils s'alimentent sur les fleurs alors que ces dernières ne s'ouvrent que pendant un seul jour.

La foreuse des gousses, *Maruca testulalis* Gey a une large distribution géographique dans les régions tropicales et subtropicales où elle peut occasionner des dégâts substantiels. L'adulte est un papillon nocturne de couleur brun clair ; ses ailes antérieures sont marquées par des taches blanchâtres. L'insecte n'est nuisible au niébé qu'au stade larvaire. La larve se nourrit des parties tendres des tiges, des pédoncules, des boutons floraux, des fleurs et des gousses.

Les punaises suceuses de gousses (*Anoplocnemis curvipes*) font beaucoup de dégâts dans les champs de niébé en Afrique tropicale. Les pertes de rendement causées par *A. curvipes* sont de l'ordre de 30 à 70%. Il pique les gousses vertes pour en sucer la sève et, ce faisant, entraîne leur dessèchement d'où une perte en semences. Débarrassez le champ des débris de la récolte précédente dans la mesure où ce ravageur peut y survivre jusqu'à la prochaine campagne.

Il existe plusieurs autres punaises suceuses de gousses de niébé. La plante de niébé présente ainsi une très grande vulnérabilité. Les agriculteurs ont souvent des rendements faibles suite à l'attaque non traitée de cette plante par les ravageurs. Il est par cet effet recommandé de semer des variétés résistantes de niébé et appliquer les insecticides conseillés (Dugje *et al.*, 2009).

I.3.3. Les insectes des stocks de niébé

Les stocks de niébé sont souvent victimes d'une attaque par certains insectes tels que les bruches et les tribolium. Les bruches constituent le groupe le plus redouté dans les stocks. Les bruches souvent rencontrées sont *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Bruchidius atrolineatus* (Pic), *Callosobruchus chinensis* et *Callosobruchus maculatus* (F.). Ce dernier est de loin l'insecte le plus dangereux pour les stocks de niébé (Hugnard *et al.*, 1998).

Bruchidius atrolineatus est avant tout un ravageur du niébé au champ. L'infestation continue au grenier, mais généralement d'une façon limitée. L'adulte mesure environ 2,5 à 3,5 mm de long. Il est de couleur ocre avec des taches noires. Les parties ocre, sont recouvertes de soies blanches, surtout dans la moitié antérieure des élytres, ou dorées. Les taches noires sont revêtues de soies noires. Les antennes du mâle sont fortement pectinées, tandis que celles de la femelle sont simples. Le pronotum est pourvu de 4 taches noires allongées. Cette bruche est un excellent voilier (Mallamaire, 1964).

Acanthoscelides obtectus (Say) est une bruche qui attaque les légumineuses dans les entrepôts et au champ avant la récolte. Les larves mesurent à maturité 3,5 à 4,0 mm de long. Elles ne possèdent ni pattes ni yeux. Elles s'introduisent dans une graine après l'éclosion et se développent à l'intérieur de celle-ci. L'adulte est de couleur noire et est recouvert d'une pubescence de couleur grise à gris-verdâtre. Les adultes mesurent 2,2 à 4,5 mm de long. Ils ne se nourrissent pas et ne vivent que peu de temps. Ce sont de très bons voiliers (Mallamaire, 1964).

Callosobruchus chinensis est une bruche oblongue et mesure 2 mm à 8 mm de longueur. Elle est très reconnaissable aux deux callosités d'un blanc nacré qu'elle porte sur le lobe basal du prothorax, devant l'écusson. Cette bruche présente un écusson blanc nacré, élytres sub-carrés, revêtus de roux fauve, aux trois faciés transversales brunes. Elle dispose également d'un court pygidium, entièrement blanc et tombant presque verticalement. Leurs antennes sont ferrugineuses. Chez le mâle, les 5 derniers articles sont fortement pectinés; chez la femelle les sept derniers articles sont seulement épaissis, nullement pectinés (Mallamaire, 1964).

Tableau 1: Les principaux ravageurs du niébé au Sénégal: niveau et importance des attaques

Espèces nuisibles et niveau attaque	Ordres	Familles	Importance et types de dégâts
<u>Déprédateurs en début de végétation.</u>			
1. <i>Melanogromyza. phaseoli</i> COQ	Diptere	Agromyzidae	++ Creuse des galeries dans les tiges et
2. <i>Sphenoptera khartoumensis</i> Oben	Coleopteres	Buprestidae	+ hypertrophie en pénétrant dans le pivot des racines
3. <i>Amsacta moloneyi</i> DRC	Lepidopteres	Arctiidae	++++ Polyphage: mange les feuilles
<u>PARASITES EN COURS DE VEGETATION</u>			
1. <i>Spodoptera littoralis</i>	Lepidopteres	Noctuidae	++
2. <i>Spodoptera exigua</i> H.B.	Lepidopteres	Noctuidae	++
3. <i>Spodoptera exempta</i> WALKER	Lepidopteres	Noctuidae	++
4. <i>Anomis crosa</i> G.N.	Lepidopteres	Noctuidae	+ mangent les feuilles et
5. <i>Autographa gamma</i> L.	Lepidopteres	Noctuidae	++ rongent quelque fois la
6. <i>Heliothis armigera</i>	Lepidopteres	Noctuidae	+ hâmpes florales et même les
7. <i>Mythimna loreyi</i> DUP	Lepidopteres	Noctuidae	+ jeunes
8. <i>Hippotion celeris</i> L	Lepidopteres	Sphingidae	+ gousses en cas de forte
9. <i>Maruca testulalis</i> GEY	Lepidopteres	Pyalidae	++ pullulation
10. <i>Hymenia recurvalis</i> F	Lepidopteres	Pyalidae	+ pique les feuilles
11. <i>Amsacta moloneyi</i> DRC	Lepidopteres	Arctiidae	
12. <i>Macrosiphon</i> SP	Homoptere	Aphididae	
<u>RAVAGEURS DES FLEURS</u>			
1. <i>Mylabris affinis</i> OL	Coleoptere	Melionidae	+ mangent les étamines
2. <i>Mylabris holocericea</i> LK	Coleoptere	Melionidae	+
3. <i>Taeniothrips sjcktedti</i> TRYB.	Thysanoptere	Thripidae	++++ Piquent les filets des
4. <i>Sericothrips occipitalis</i> HOOD	Thysanoptere	Thripidae	++++ étamines et les pistils qui se dessèchent
<u>RAVAGEURS DES FRUCTIFICATIONS</u>			
1. <i>Deudorix antalus</i> HPFF	Lepidoptere	Lycaenidae	+
2. <i>Lampides boeticus</i> L	Lepidoptere	Lycaenidae	+
3. <i>Piezotrachelus varium</i> WAG	Coleoptere	Curculionidae	++
4. <i>Pachnoda interrupta</i> OL	Coleoptere	Cetoniidae	+ Mange les jeunes fruits
5. <i>Anoplocnemis cw-vipes</i> F	Heteroptere	Coreidae	+
6. <i>Anoplocnemis</i> SP	Heteroptere	Coreidae	+ Piquent les gousses.
7. <i>Diploxys</i> SP	Heteroptere	Pentatomidae	+
8. <i>Callosobruchus maculatus</i> F	Coleoptere	Bruchidae	++++ Se développe à
9. <i>Bruchidius atrolineatus</i> PIC.	Coleoptere	Bruchidae	++++ l'intérieur des gousses
10. <i>Callosobruchus ornatus</i> BOH.	Coleoptere	Bruchidae	++++ (depuis les champs et en
11. <i>Acanthes celides obsoletis</i> SAY	Coleoptere	Bruchidae	++++ cours stockage).
12. <i>Callosobruchus chinensis</i> L	Coleoptere	Bruchidae	++++
13. <i>Zabrotus subfasciatus</i> BOH	Coleoptere	Bruchidae	++++

++++ Les ravageurs d'importance économique et nécessitant une intervention

+++ Les ravageurs occasionnant d'importants dégâts mais surtout au stockage

++ Les insectes susceptibles d'occasionner parfois des ravages importants, surtout en cas de fortes pullulations (ils sont sporadiques) et insectes provoquant des dégâts exceptionnels

+ Les insectes fréquents mais dont les dégâts économiques sont exceptionnels

Tableau 2: Quelques insecticides recommandés contre les ravageurs du niébé

Nom commercial	Marque ou nom courant	Dose	Estimation/ chargement de pulvérisateur	Condition d'emploi	Observations
Lamdacyhalothrine 25 EC (insecticide)	Karate 2.5 EC, Karto 2.5 EC,	0.4–0.8 L/ha	35–70 ml dans un pulvérisateur de 15-L ou 50–80 ml dans un pulvérisateur de 20-L	Contact et ingestion. Appliquer au début de l'infestation et contre les premiers stades du cycle biologique de l'insecte	Contre insectes sur feuilles et sur fruits, insectes telluriques et insectes migrants
Perfekthion 2.5 EC (insecticide)	Diméthoate	0.5–0.8 L/ha	40–70 ml dans un pulvérisateur de 15-L ou 50–80 ml dans un pulvérisateur de 20-L	Action systémique. Appliquer au début de l'infestation et contre les premiers stades du cycle de l'insecte	Contre les insectes suceurs
Cyperméthrine + Diméthoate (insecticide)	Best Action Cyperdiforce Superplus Sherpaplus Balathoate plus, Uppercott, etc.	1 L/ha	75 mL dans un pulvérisateur de 15-L ou 100 mL dans un pulvérisateur de 20-L	Action de contact et systémique Appliquez comme ci-dessus	Comme ci-dessous
Diafuran 3G (insecticide/nematicide)	Carbofuran	25–100 kg/ha	3 g/plant ou 7–10 g/m ² de sol pendant la préparation du lit semencier	Contact, systémique et ingestion. Appliquer au sol contre les insectes foliaires par l'action systémique dans la plante et contre les nématodes.	Combat les insectes foliaires et telluriques et les nématodes.

Dugje *et al.*, 2009 ; [www. IITA.org](http://www.IITA.org)

I.4. Valeur alimentaire et importance économique

Le niébé est l'une des légumineuses les plus importantes en période de soudure ou de sécheresse, lorsque, les principales denrées de base viennent à manquer. C'est un aliment de base apprécié pour ses feuilles, ses gousses vertes et ses graines sèches, qui peuvent être consommées et commercialisées. Certaines variétés à cycle court permettent de disposer d'un aliment de bonne qualité pendant les périodes de soudure alimentaire, des mois d'août et de septembre. Communément appelé « viande pour pauvre » ou « viande verte », le niébé est un aliment riche en protéine : 20 à 25% de son poids sec (Alzouma, 1995). La graine mûre contient 50 à 67 % d'amidon et des vitamines B telles que l'acide folique, qui est important dans la prévention de malformation chez le nouveau-né. La graine est également riche en oligoéléments essentiels, comme le fer, le calcium et le zinc. Les fanes, qui ont une forte teneur protéique, constituent un fourrage apprécié par le bétail.

Il est deux à trois fois plus riche en protéine que la plupart des céréales. A l'exception des acides aminés soufrés qui sont peu abondants (méthionine et cystéine), on rencontre dans les graines les principaux acides aminés essentiels et nécessaires pour l'homme (tableau 3). Ainsi, il constitue un excellent complément des céréales pour un bon équilibre nutritionnel dans les pays en voie de développement dont l'alimentation est dominée par les céréales, riches en glucides.

Tableau 3: Composition chimique de 100g de graines de niébé crues (Singh, 1990)

Nutriments	Quantité/100g	Nombre d'échantillon
Eau	11,95 ± 0,391	82
Energie (kJ)	1408	147
Protéines (N X 6,215) (g)	23,52 ± 0,205	139
Lipides (g)	1,26 ± 0,036	
Hydrates de carbone (g)	60,03	
Minéraux (mg)		
Calcium	110 ± 11,803	47
Fer	8,27 ± 0,246	59
Magnésium	184 ± 7,012	45
Phosphore	424 ± 11,904	46
Potassium	1112 ± 40,025	44
Sodium	16 ± 1,681	39
Zinc	3,37 ± 0,167	46
Vitamines (mg)		
Acide ascorbique	1,5	1
Thiamine	0,853 ± 0,031	197
Riboflavine	0,226 ± 0,008	204
Niacine	2,075 ± 0,094	1 8 9
Acide pantothénique	1,496 ± 0,058	166
Vitamine B6	0,357	17
Lipides, acides gras (g)		
Saturés monoinsaturés	0,331	
Monoinsaturés	0,106	
Polyinsaturés	0,542	
Acides aminés (g)		
Tryptophane	0,290	
Thréonine	0,895	
Isoleucine	0,956	
Leucine	1,802	
Lysine	1,591	
Méthionine	0,335	
Cystéine	0,260	
Phénylalanine	1,373	
Tyrosine	0,760	
Arginine	1,629	
Histidine	0,730	
Alanine	1,072	
Proline	1,057	
Sérine	1,178	

La production mondiale du Niébé est estimée à 3,3 millions de tonnes de graines sèches dont 64% sont réalisés en Afrique (FAO, 2001). La superficie cultivée annuellement dans le monde est estimée à plus de 12,5 millions d'ha dont environ 9,8 millions d'ha sont réalisés en

Afrique de l'Ouest, faisant de cette région la première productrice et consommatrice de niébé dans le monde (CGIAR, 2001).

Au Sénégal, le niébé est la seconde légumineuse cultivée après l'arachide qui est une culture de rente. On le rencontre dans toutes les zones agro-écologiques du pays mais surtout au centre et au nord du bassin arachidier qui couvre en moyenne 82% des superficies emblavées et 80% de la production nationale (Faye, 1996). Le niébé est surtout cultivé dans les régions semi-arides du nord, à Louga et Saint-Louis (65 % du total), et du centre-nord, à Diourbel et Thiès (29 %).

Entre 1993 et 1994, avec une superficie emblavée de 118000 ha, la production nationale était fixée à 58000 T. En 1997, l'objectif de production était à 45000 T pour une emblavure de 90000 ha. Initialement considéré comme une culture d'autoconsommation, le niébé devient de plus en plus une culture spéculative. En février 1995, 810 T de niébé étaient exportées vers la Côte d'Ivoire (Faye, 1996).

A l'instar des graines, les feuilles de niébé sont comestibles et riches en vitamines et en sels minéraux. Leurs fanes sont très recherchées comme fourrage pour le bétail. C'est ainsi que le niébé participe grandement à l'élevage des moutons à l'approche de la tabaski. Certaines variétés à sénescences retardées permettent une double production de gousses dont la première contribue pour une large part à l'alimentation des populations en période de soudure. Le niébé constitue par ailleurs une source de revenu non négligeable pour les producteurs. Sa commercialisation connaît cependant certaines contraintes dont : la qualité des graines et les fluctuations des prix au cours de l'année. A la récolte les prix avoisinent 100 F CFA le kilogramme. Ils atteignent 150 F CFA par kilogramme à la veille de l'hivernage et peuvent monter jusqu'à 300 F CFA voire 500 F CFA et même plus au moment des semis. Actuellement le prix d'un kilogramme de niébé de certaines variétés tardives peut atteindre les 1000 F CFA à la veille de l'hivernage. Ceci pousse les paysans à vouloir conserver leurs graines jusqu'à cette période où les prix sont plus rémunérateurs (Ndiaye, 1996). Cette conservation des graines rencontre d'énormes difficultés du fait des dégâts causés par *C. maculatus* dans les stocks de niébé.

II. Généralités sur les Coléoptères Bruchidae

Les coléoptères constituent un ordre très important dans la classe des insectes. Cet ordre est subdivisé en plusieurs familles dont les Bruchidae. L'ordre des Coléoptères est le groupe systématique la plus riche en espèces de la planète Terre. On estime à 350000 le nombre d'espèces de coléoptères dont 40% sont connus. C'est parmi les coléoptères que l'on

rencontre la plus grande variété d'insectes des produits emmagasinés. La famille des Bruchidae renferme les ravageurs les plus redoutables à l'échelle mondiale (Delobel et Tran, 1993). Ils comptent en effet parmi les rares insectes qui peuvent s'attaquer aux stocks de graines de légumineuses dans lesquels ils occasionnent des pertes énormes. Les Bruchidae constituent un groupe très homogène d'insectes cléthrophages (se nourrissent de graines sèches) dont le développement se déroule à l'intérieur d'une seule et même graine. Les Bruchidae se rencontrent dans l'un des trois sous-ordres des coléoptères, les polyphages (Polyphaga). On estime aujourd'hui selon Johnson (1981) qu'il existe 1300 espèces de Bruchidae, dont la plupart sont inféodées aux Légumineuses. Beaucoup de ces espèces se développent aux dépens des Légumineuses sauvages, 80 à 90% d'entre elles n'ont que 1 à 3 espèces hôtes. Selon Credland (1990), 20 espèces se développent aux dépens des plantes cultivées et sont devenues des ravageurs d'importance économique (Alzouma *et al.*, 1996). Les Bruchidae peuvent être subdivisés en trois groupes selon leur substrat de ponte et leur développement. On distingue ceux qui pondent au champ sur les fruits verts dont le développement se déroule dans une graine en cours de formation et en teneur en eau élevée. Il y a certaines dont les femelles pondent dans les mêmes conditions que précédemment, mais le développement des larves se poursuit et s'achève dans la graine sèche éventuellement au sein d'un stock. Dans le troisième groupe, on a des espèces dont le développement se déroule entièrement sur une graine sèche. C'est dans ce dernier groupe que l'on rencontre les espèces les plus nuisibles à l'agriculture ; le développement larvaire se déroule entièrement dans la graine (Delobel et Tran, 1993).

Au cours de leur développement, les Bruchidae comme tous les coléoptères subissent une métamorphose complète, holométabolie, (Delobel et Tran, 1993).

Les Bruchidae présentent un dimorphisme. L'extrême du dimorphisme lié au vol serait offert par les Bruchidae du genre *Callosobruchus*, chez lesquels par l'aptitude au vol, mais aussi par la forme générale du corps plus ou moins trapue, et par la coloration plus ou moins foncée, on rencontre une forme voilière et une forme non voilière (Paulian, 1988). *Callosobruchus maculatus* est l'une des espèces présentant ce polymorphisme lié au vol.

Les Bruchidae ont un corps trapu, aplati en dessus et convexe en dessous. Leur taille varie de 0.25cm à 1cm, la structure de leurs ailes permet de les reconnaître facilement par les élytres cornés qui se rejoignent presque toujours le long de la ligne médiane dissimulant complètement les ailes postérieures membraneuses repliées sur elles mêmes au repos. Les pièces buccales sont de type broyeur avec des mandibules très développées. L'extrémité de leur abdomen n'est pas recouverte par les élytres. Cette famille présente des insectes aux têtes

rabattues présentant des yeux échancrés. Les antennes s'élargissent en général progressivement vers leurs extrémités.

III. Généralités sur *Callosobruchus maculatus*

III.1. Répartition géographique

C. maculatus est un Bruchidae d'origine controversée, mais d'après Decelle (1981), il est originaire d'Afrique. Sa répartition couvre toute la zone intertropicale et il est ainsi présent en Afrique, au Moyen-Orient, en Australie, au Mexique et en Amérique du Sud. Il est aussi rencontré au Portugal aux alentours du bassin méditerranéen (De Carvalho et Machado, 1967 ; Demeure, 1985).

Callosobruchus maculatus est ainsi un insecte cosmopolite très répandu dans le monde. Cette espèce peut infester plusieurs denrées alimentaires en Afrique telles que *Casanus cajan*, *Cicer arietinum*, *Lablab purpureus*, *Glycine max*, *Vigna acontifolia*, *V. angularis*, *V. mungo*, *V. radiata*, *V. subterranea*, *V. umbellata*, *V. unguiculata*, *Macrostyloma geocarpum*, *Lens esculenta*, *Pisum sativum*. La bruche du niébé est également signalée sur la farine de *Glycine max*. On peut également la trouver sur une césalpiniacée, *Cassia occidentalis* (Delobel et Tran, 1993). L'adulte se nourrit probablement de pollen.



Figure 2 : Distribution géographique de *C. maculatus* en Afrique (couleur orangée)
(www.infonet-biovision.org)

III.2. Description et position systématique

III.2.1. Description

La bruche du niébé est un insecte du genre *Callosobruchus*. Ce genre regroupe une vingtaine d'espèces inféodées aux légumineuses. L'adulte de *C. maculatus* Fabricius présente des longueurs comprises entre 2,5 mm et 3,5 mm ; sa couleur est en général noire et rousse mais tous les intermédiaires entre ces deux couleurs existent. Il a des antennes crénelées à partir du cinquième article et les derniers articles sont parfois assombris (Delobel et Tran, 1993). Les élytres sont noirs, présentant des zones rousses revêtues d'une pubescence blanche et dorée dessinant souvent un X plus ou moins épais sur l'ensemble des élytres. Les fémurs postérieurs renferment deux dents de longueur à peu près identique, mais la dent externe est obtuse et l'interne très aigüe. Les femelles sont plus grosses que les mâles et présentent une couleur noire plus foncée sur les élytres que chez ces derniers. Elles possèdent une ligne médiane de soies blanches. Par contre chez les mâles les antennes sont plus longues, plus dentées et les yeux sont souvent plus gros. Cette bruche présente ainsi un dimorphisme sexuel.



Figure 3: Adultes de *Callosobruchus maculatus* (femelle à gauche et mâle à droite) sur des graines de niébé. (x 20) Bruno Jaloux

L'espèce *C. maculatus* Fabricius présente au stade adulte deux morphes qui se distinguent aussi bien par des caractéristiques morphologiques que physiologiques et comportementales. On a des adultes de morphe voilier et des adultes de morphe non voilier. Les adultes du morphe voilier présentent une coloration brun noir à gris noir et n'ont pas de tâche sur leur pygidium. Ils ont un corps et des antennes plus courts que ceux des adultes de morphe non voilier. Ils sont très actifs et s'envolent dès l'ouverture des stocks. Ils représentent des formes de dispersion adaptées à la colonisation de la plante hôte dans l'agro-système. Morphologiquement, la forme non voilière est de taille plus importante. Elle présente au début

de sa vie imaginaire une quiescence reproductrice. La présence de ces deux types d'adultes est liée à un développement larvaire dans des graines soumises à l'action combinée de la teneur en eau et de la température. Si le développement larvaire se passe dans des graines à teneur en eau élevée, en présence d'une forte température, il y a émergence d'un fort taux d'adultes de forme voilière. Si les conditions sont telles que la teneur en eau est faible, quelle que soit la température, seuls les adultes de forme non voilière émergent. Et en fin lorsque les températures sont basses, quelle que soit la teneur en eau des graines, il n'y a que les adultes de forme non voilière qui émergent (Ouedraogo, 1991). D'après Huignard, durant 8 mois de stockage du niébé, les 3 premiers mois sont caractérisés par une émergence d'adultes de morphe non-voilier, alors que les mois suivants font l'affaire des adultes de morphe voilier. Les travaux de cet auteur confirment ceux de Ouedraogo, car ces deux périodes se distinguent par une différence de température et de teneur en eau de l'atmosphère. Sano (1986), dans ces travaux a démontré que le polymorphisme imaginal de *C. maculatus* résulte d'une interaction entre les facteurs de l'environnement et les facteurs géniques. Il avait sélectionné au laboratoire des souches non voilières incapables de produire des adultes voiliers même si les conditions sont favorables à l'apparition de ce morphe. De la même façon en sélectionnant des descendants d'adultes voiliers, il est possible d'obtenir des souches produisant à chaque génération un fort taux d'adultes voiliers. Des croisements entre souches de laboratoire ayant une faible aptitude à produire des voiliers et des souches capables de produire un fort taux de voiliers montrent que le déterminisme de ce polymorphisme est polygénique. Il y'aurait en plus un effet maternel, les œufs pondus à la fin de la période de ponte donnant naissance à plus de voiliers que ceux émis au début de la phase de ponte.

C. maculatus présente des œufs translucides juste après la ponte. Ces derniers blanchissent lorsque la larve néonate commence à pénétrer dans la graine. A la fin du développement larvaire, la prénymphe aménage une loge près de la surface, visible par transparence (Jaloux, 2006). Leurs œufs présentent une forme ovoïde, qui sont fermement attachés au testa de la graine par une substance appelée spumaline. A leur partie postérieure, ils possèdent un court tube respiratoire appelé micropyle (Seck, 1994).

III.2. Systématique

L'étude taxonomique de la bruche du niébé a fait l'objet de plusieurs révisions par les scientifiques systématiseurs entomologistes. Elle a été rangée successivement dans les genres *Bruchidius*, *Bruchus* et *Callosobruchus*. La première description fut celle de Fabricius en 1775, qui l'avait nommé *Bruchus maculatus*. En 1929 Bridwell renomma la bruche sous le

nom de *Callosobruchus maculatus* et Southgate en 1979 avait confirmé la nomenclature de Bridwell. Ces derniers ont donc précisé la taxonomie de l'insecte, aujourd'hui en vigueur. La bruche du niébé encore appelée bruche à quatre tâches ou bruche maculée présente la synonymie suivante :

-*Bruchus quadrimaculatus*

-*Bruchidius maculatus*

-*B. ornatus*

-*B. simatus*

Actuellement la position systématique retenue après les travaux de Bridwell (1929) et Southgate (1979) est la suivante :

Embranchement des Arthropodes

Classe des Insectes

Ordre des Coléoptères

Famille des Bruchidae

Sous famille des Bruchinae

Genre *Callosobruchus*

Espèce *Callosobruchus maculatus*

La bruche a une origine mal connue mais selon Decelle (1981) cette espèce serait originaire d'Afrique. Elle a une répartition pantropicale (Delobel et Tran, 1993).

III.3. Reproduction

Cet insecte est le ravageur le plus redouté du niébé stocké. Dès l'émergence les femelles sont sexuellement matures et réceptives. Lors de l'accouplement, les mâles causent d'énormes dégâts au niveau des voies génitales des femelles par leur organe copulateur épineux (Perrier, 2009). Ainsi pour s'accoupler avec les femelles, ils les retiennent solidement avec leurs pattes. Ces dégâts entraînent une longévité plus faible des femelles par rapport à celle des mâles.

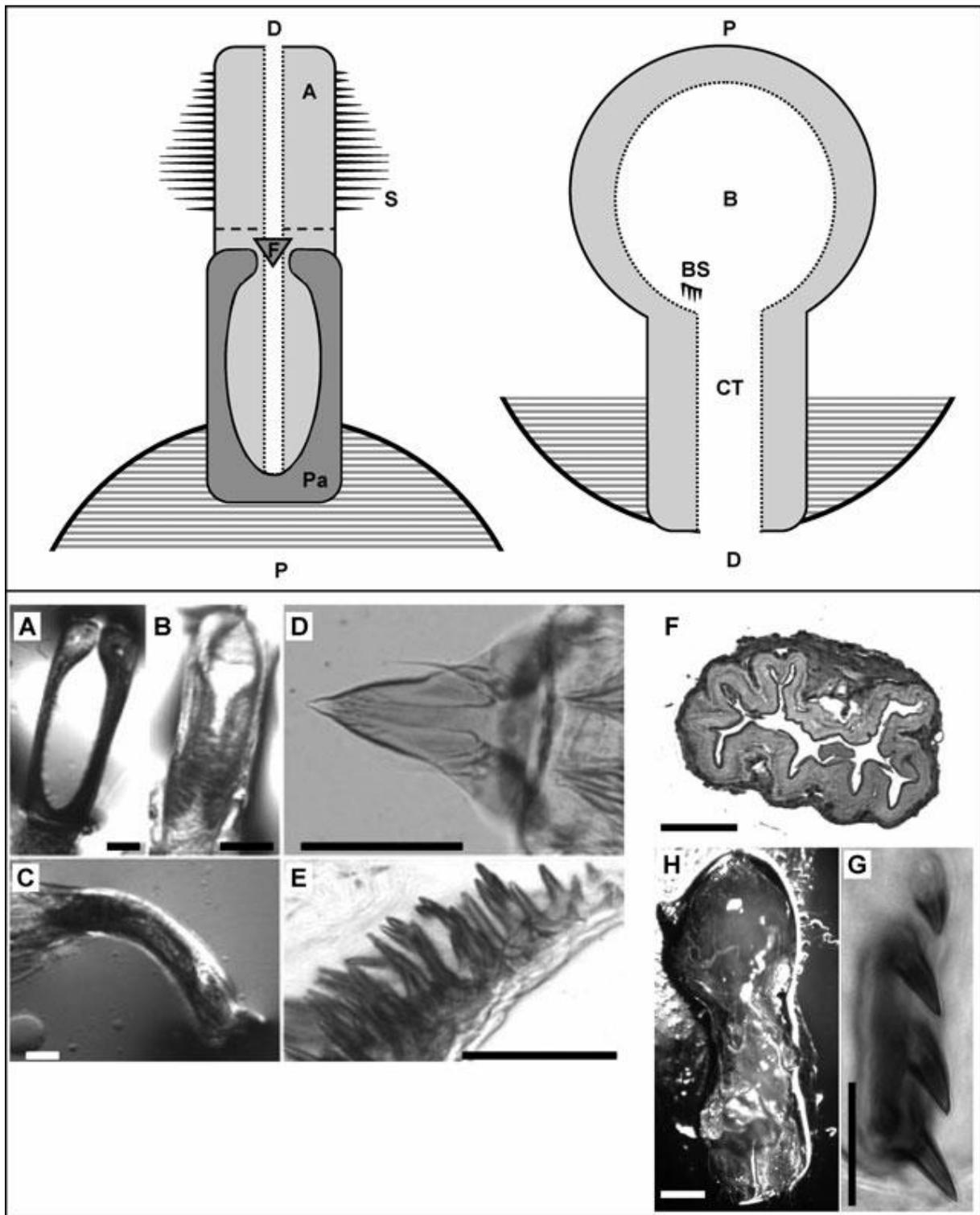
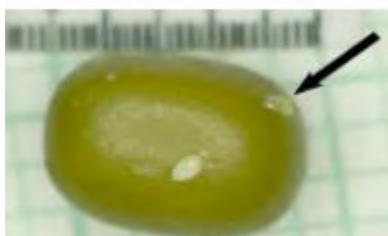


Figure 4: Structuration des organes génitaux de *C. maculatus* (section 1 : organisation générale ; section 2 : détails de l'appareil génital mâle (A (paramères), B (base d'émergence des épines), C (vue latérale de l'organe génital), D (épine) et E (vue latérale des épines)) et femelle (F (section transversale de l'appareil copulateur), G (bourse des épines et H (appareil reproductif entier)). (Cayetano *et al.*, 2011)

Les femelles fécondées peuvent pondre plusieurs œufs ; selon les études, on a chez la forme non voilière un nombre d'œufs variant de 2 à 100 par femelle : 100 œufs (Glitho *et al.*, 1988), 60 à 90 œufs (Delobel et Tran, 1993) et 2 à 92 œufs (Akpovi, 1993). Elle est de 10 à 15 chez la forme voilière qui présente une longévité plus importante, environ un mois à 30° C alors qu'elle est comprise entre 6 et 8 jours à 30° C chez la forme non voilière (Delobel et Tran, 1993).

Dès le contact des femelles gravides avec des graines de niébé, une activité de ponte est observée chez ces dernières. Cette ponte est déclenchée chez la femelle par un stimulus de nature chimique se trouvant dans les téguments des graines (Delobel et Tran, 1993). Les œufs sont déposés par les femelles gravides sur les gousses ou directement sur les graines ; deux à trois jours après la ponte, les œufs éclosent et les larves néonates perforent les téguments, entrent dans les graines et y consomment les réserves des cotylédons. Le développement larvaire a lieu à l'intérieur de ces derniers. La durée moyenne du développement de *C. maculatus* (œuf à adulte) sur le niébé varie selon la variété à 27° C entre 29 et 34 jours ; il est de 25 jours à 30° C (Delobel et Tran, 1993). *C. maculatus* comme toutes les bruches nymphose à l'intérieur des graines infestées à l'exception des espèces du genre *Caryedon*. L'adulte émerge en découpant le tégument de la graine au niveau de la logette nymphale. Pour éviter la compétition inter larvaire, les femelles cherchent des graines moins infestées pour y déposer leurs œufs. Ceci est rendu possible grâce au dépôt d'une phéromone de marquage lors de la ponte.



Œufs de *C. maculatus*



Larves de *C. maculatus*



Fenêtre abritant une pupa dans une graine de niébé



Pupa de *C. maculatus* (jeune et âgée)



Adulte femelle sur une graine de niébé



Trous d'émergence des adultes sur les graines de niébé

Figure 5: Stades de développement de *C. maculatus* (Beck et Blumer, 2014)

III.4. Dégâts de *C. maculatus* sur le niébé

C. maculatus est le principal ravageur du niébé stocké dans le monde et plus particulièrement au Sénégal et constitue l'un des facteurs limitant l'extension de cette culture. En effet les paysans, après récolte, stockent leur niébé dans des magasins traditionnels (greniers) ; ces derniers sont faits en général d'argile (banco), de tiges de graminées ou de combrétacées. L'infestation commence au champ par l'attaque des gousses par la forme voilière de *C. maculatus* et selon Seck en 1985 cette attaque varie de 14% à 31% en fonction de la date de récolte. Alzouma précise en 1987 que les pontes de *C. maculatus* commencent tardivement sur des gousses mûrissantes (gousses jaunâtres) et sur les gousses mûres. Cette espèce disperse très bien ses œufs sur le péricarpe de toutes les gousses disponibles. La plupart des gousses reçoivent peu d'œufs (moins de 5). Cette répartition homogène des œufs limite la compétition intraspécifique à l'intérieur de la gousse. La cause de ce phénomène est la

production lors de la ponte de marqueurs d'oviposition (Alzouma, 1987) qui sont perçus par les femelles qui évitent l'émission d'un nombre important d'œufs sur la même gousse. A la récolte, 20 à 40% des gousses de *V. unguiculata* ont reçu des pontes de *C. maculatus* (Alzouma, 1987).

Les dégâts se poursuivent pendant le stockage et en fonction de la durée de celui-ci, le pourcentage de graines attaquées peut atteindre 50% au bout de 4 mois de stockage et dépasser 90% au-delà de 6 mois (Seck, 1985). D'après les études réalisées au Brésil par Bastos en 1973 (Alzouma, 1990), on peut estimer la destruction des graines de niébé à 5% par les bruches. Cette destruction entraîne une perte en valeur marchande de l'ordre de 50%. Or les dégâts sont beaucoup plus importants en Afrique, qui offre un climat favorable à la prolifération de *C. maculatus*. Au Nigeria, le premier producteur mondial de cette légumineuse avec plus de 900000 T/an, les pertes dues à cette bruche ont été évaluées à plus de 30 millions dollars US par Singh *et al.*, en 1983 ; Alzouma, 1990. *C. maculatus* provoque une réduction considérable de poids du niébé stocké. C'est ainsi que plusieurs auteurs en estiment des diminutions de poids supérieures à 800g/kg du niébé stocké après sept mois de stockage (Ngamo *et al.*, 2007 ; Ouédraogo *et al.*, 1996 ; Seck *et al.*, 1991). Des auteurs comme Singh & Singh, 1992 et Odah, 1995 affirment que les effets de *C. maculatus* sur le niébé provoquent une diminution de la qualité des graines et de la viabilité des semences, compromettant ainsi leur consommation et leur semis. La valeur marchande du niébé diminue considérablement lorsque les dégâts excèdent un trou d'émergence par graine (Murdock *et al.*, 1997).

Les pertes perpétrées au Niger sur le niébé par les bruches ont été estimées à plus de 30% de la production annuelle. Ceci pourrait se chiffrer à plus de 10 milliards de francs CFA, ce qui correspond au dixième du budget d'investissement du Niger (Alzouma, 1990).

Au Sénégal, 90% des graines peuvent être endommagées après 6 mois de stockage (Seck, 1992). L'infestation des graines affecte leur valeur nutritive et leur qualité organoleptique et peut finalement rendre le stock inconsommable. Les trous circulaires d'environ 2 mm de diamètre, laissés sur les graines par l'adulte au moment de l'émergence, permettent de reconnaître aisément les dégâts de la bruche du niébé. Ces trous peuvent être le lieu de développement des moisissures et autres parasites. Finalement, l'effet additif des différents dégâts peut occasionner des pertes économiques de 100%, car avec des pertes pondérales de 20 à 30%, les pertes économiques sont de 100% (Ndiaye, 1991).



Figure 6 : graines de niébé

a. Graines de niébé infestées par *C. maculatus*

b. Graines saines



Figure 7 : Dégâts de *C. maculatus* sur les graines de pois d'angole bruchés (Delobel, 2008)

VIII. Méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées entreposées

Plusieurs méthodes de lutte ont été préconisées. Celles-ci sont de nature préventive ou curative. Les méthodes préventives reposent sur les techniques culturales, alors que celles curatives sont constituées par la lutte chimique, la lutte physique et la lutte biologique.

VIII.1. Les techniques culturales

Depuis très longtemps les paysans pratiquent la rotation des cultures dans les champs pour prévenir leur infestation par les insectes tels que les bruches. Les plantes sauvages identifiées comme hôtes potentiels doivent être systématiquement éliminées des champs. Certaines variétés de plantes se sont montrées très résistantes face à certains ravageurs. Le maïs est une espèce dont certaines variétés se révèlent résistantes à l'attaque *Prostephanus truncatus* dans les pays tropicaux (Kumar, 2002) et en Afrique de l'Ouest. Au Nigéria, Appleby *et al.* (2003) résument les principaux atouts issus de variétés résistantes de niébé sur *C. maculatus* en un allongement du développement pré-imaginal, à la forte mortalité et au faible poids des adultes émergents. Des caractéristiques telles que la rugosité de la surface et le poids des grains, ainsi que la dureté peuvent réduire les pertes dues à *C. maculatus* à cause d'un faible taux de multiplication et de croissance des populations (Sulehrie *et al.*, 2003).

Par ailleurs pour le niébé, le battage préalable a permis de réduire les dégâts de *C. maculatus* sur les graines obtenues, par rapport à ceux notés sur les graines du même lot initial stocké en gousses entières (Seck, 1985). Plus la récolte est tardive, plus élevés sont l'infestation initiale et les dégâts ultérieurs de *C. maculatus*. Une technique très répandue en Guinée Bissau du Nord-Ouest et au Sud du Sénégal (Seck, 1989), cette méthode est basée sur l'effet insecticide du rapport O₂/CO₂ qui s'établit dans le milieu fermé après un certain temps. On réduit le risque de pertes en ne retenant pour le stockage à long terme que des graines propres et saines; il convient par conséquent de les trier soigneusement. En effet, les graines cassées, les brins de paille et les saletés augmentent les risques d'infestation du stock par les insectes et les moisissures.

VIII.2. Lutte chimique

La lutte chimique contre les insectes ravageurs des denrées entreposées constitue actuellement l'un des moyens les plus utilisés pour éviter les pertes aux stocks. Les insecticides peuvent être classés en fonction de leur structure et de leur mode d'action en deux groupes : les insecticides de contact et les fumigants.

VIII.2.1. Les insecticides de contact

On distingue plusieurs familles d'insecticides de contact utilisées dans le traitement des graines et celui des locaux, en post-récolte. Les familles les plus utilisées sont :

-Les organochlorés, qui sont caractérisés par une molécule dont les atomes sont arrangés autour d'un noyau phénolique, groupe plan de 6 atomes de carbone répartis sur les 6 côtés d'un hexagone. Cette structure est très stable. Il en résulte une longue persistance d'action et surtout une dégradation extrêmement lente, voire inexistante. Les résidus s'accumulent dans la chaîne alimentaire. Pour cette raison, ils sont interdits dans le marché depuis 1975. De nombreuses souches d'insectes leurs sont devenues résistantes.

Les plus connus dans le traitement des stocks sont le DDT, le HCL et le Lindane. Le DDT et le Lindane sont très efficaces contre *C. maculatus* mais sont très toxiques pour l'homme (DL50 pour DDT 0,02 µg/adulte et 0,01 µg/adulte pour Lindane) (Hussein et Abdel-al, 1982 ; Seck, 1994).

-Les organophosphorés, qui sont des molécules qui s'organisent autour d'un atome de phosphore. Ils constituent les insecticides de synthèse les plus utilisés actuellement en raison de certaines propriétés très intéressantes. En effet, ils sont efficaces sur un grand nombre d'espèces d'insectes et leur dégradation inéluctable conduit à des métabolites non dangereux. Ils peuvent cependant rester actifs contre les insectes pendant plusieurs mois.

Leur mode d'action repose sur l'inhibition de la cholinestérase, enzyme indispensable au bon fonctionnement musculaire. Sa destruction entraîne l'irréversibilité de toute contraction musculaire c'est-à-dire à une tétanie qui peut être mortelle. L'efficacité des organophosphorés augmente avec la température. Leur tension en vapeur est forte, ce qui permet d'avoir une efficacité importante par inhalation. Ils sont facilement hydrolysables, ce qui peut constituer un inconvénient pour le traitement des graines humides et le mélange à l'eau qui peut réduire la durée de vie des molécules organophosphorées. On peut rencontrer dans le marché : le malathion, le pirimiphos-méthyle, chlorpyriphos-méthyle et le dichlorvos. Ils constituent un groupe d'insecticides polyvalents utilisés contre les insectes des denrées. Parmi ceux-ci le pirimiphos-méthyle s'est révélé le plus efficace pour la lutte contre *C. maculatus* (Pierrard, 1984 ; Seck, 1994).

-Les pyréthriinoïdes : Ce sont des molécules complexes, synthétisées selon le modèle des pyréthrines naturelles d'une plante de la famille des composées, le pyrèthre (*Pyrethrum cinerariaefolium*).

Contrairement aux organophosphorés, les pyréthriinoïdes de synthèse voient leur efficacité diminuer lorsque la température augmente. Leur tension en vapeur est quasi-nulle, ils n'ont

donc aucune action par inhalation. Ils résistent bien à l'hydrolyse. Les pyréthriinoïdes sont actifs sur la plupart des insectes. Un autre aspect très important des pyréthriinoïdes est la présence d'un effet « knock-down », mais aussi leur lenteur à provoquer la mort.

On peut trouver dans le marché la perméthrine, l'alléthrine, le resméthrine et la plus importante, la delmathrine. Cette dernière permet une protection efficace du niébé pendant 6 à 7 mois de stockage à la dose de 1ppm (Seck, 1994).

-Les carbamates sont des dérivés de l'acide carbamique, ils agissent de la même façon que les organophosphorés. On trouve dans ce groupe le sevin, le furadan, le baygon, le temik et le carbaryl. Ce dernier est de loin le plus employé, la DL50 sur *C. maculatus* est de 0,25 µg/adulte (Hussein et Abdel-al, 1982 ; Seck, 1994).

Tableau 4: Quelques insecticides de synthèse utilisés pour la protection des denrées entroposées au Sénégal (Source : DPV du Sénégal ; D. Seck, 2009).

Matière active Spécialité commerciale	Distributeur	Concentration en matière active	Nature de la formulation	Utilisations
BROMPOPHOS Nexion EC 36	Calamarck/Rhône-Poulenc	360g/l	EC	Désinsectisation des stocks de céréales et d'arachide (8 à 12g/tonne)
Nexion poudre	Calamarck/Rhône-Poulenc	2%	DP	
Nexion WP 25	Calamarck	25%	WP	
CHLORPIRIPHOS-METHYLE Reklan	Shell	240g/l	EC	Désinsectisation des stocks d'arachide (2,5g/tonne)
DELTAMETHRINE k-othrine EC 12,5	Procida	12,5g/l	EC	Désinsectisation des stocks d'arachide, niébé, maïs, sorgho, mil 0,5 à (1g/tonne)
k-othrine EC 25	Procida	25g/l	EC	
k-othrine 2,5 PM	Procida	2,5g/l	WP	
k-othrine 0,05 PP	Procida	0,05g/l	DP	
DICHLORVOS Mafu 500 SL	Bayer	500g/l	SL	Désinsectisation des grains stockés
Dichlotox 1000 EC	Bayer	1000g/l	SL	
FENTROTHION Folithion 1 DP	Bayer	1%	DP	Désinsectisation des stocks d'arachide et de céréales
Folithion 500EC	Bayer	500g/l	EC	
Folithion 1000 EC	Bayer	1000g/l	EC	
Sumifen poudre	Rhône/Poulenc	1,5%	DP	
Sumithion CE 60	Shell	600g/l	EC	
Sumithion 2%	Shell	2%	DP	
MALATHION Malagrain emulsion	Procida	500g/l	EC	Désinsectisation des céréales
Malagrain poudrage	Procida	2%	DP	
PYRIMPHOS-METHYLE Actellic 2 PP	ICI/SOFACO	2%	DP	Désinsectisation des grains stockés (4g/tonne)
Actellic 25 PP	Procida			
Actellic 50 EC	ICI/SOFACO	25%	WP	
	Procida	500g/l	CE	

VIII.2.2. Les fumigants

Un fumigant est une substance qui, à une température et une pression données, produit un gaz à une concentration mortelle pour une espèce nuisible donnée. Les fumigants par leurs propriétés que sont la diffusion et l'absorption, peuvent être très efficaces contre les formes cachées des insectes (larves et œufs). Dans le marché on peut retrouver la phosphine (PH₃) et le bromure de méthyle (CH₃Br). Dans les pays chauds, la phosphine est le fumigant le plus utilisé et s'avère très efficace contre les œufs et les larves de *C. maculatus* (Singh *et al.*, 1990) *in* (Seck, 1994).

Les fumigants sont généralement très toxiques pour l'homme et les animaux, leur application nécessite des normes de sécurité.

Tableau 5: Insecticides autorisés dans le traitement des denrées alimentaires (extrait de la liste des pesticides autorisés par le CSP du CILSS, version de juillet 2009 ; Guèye *et al.*, 2011.

Spécialité commerciale	Firme	Matière(s) active(s)	Domaine d'utilisation
DETIA GAS EX-B	Détia Degesch GmbH	Phosphore d'aluminium (570 g.l ⁻¹)	Ravageurs des denrées stockées
PHOSFINON 570 GE	STEPIC	Phosphore d'aluminium (570 g.l ⁻¹)	En fumigation contre les insectes des denrées stockées
CELPHOS	Excel Crop Care LTD	Phosphore d'aluminium (560 g.l ⁻¹)	Insecticide/rodenticide contre les insectes et les rongeurs des denrées stockées
SPINTOR POUDRE	Dow Agro Sciences	Spinosad (125 g.kg ⁻¹)	Ravageurs des denrées stockées

Cette liste comporte trois fumigants et un insecticide de contact (Spintor)

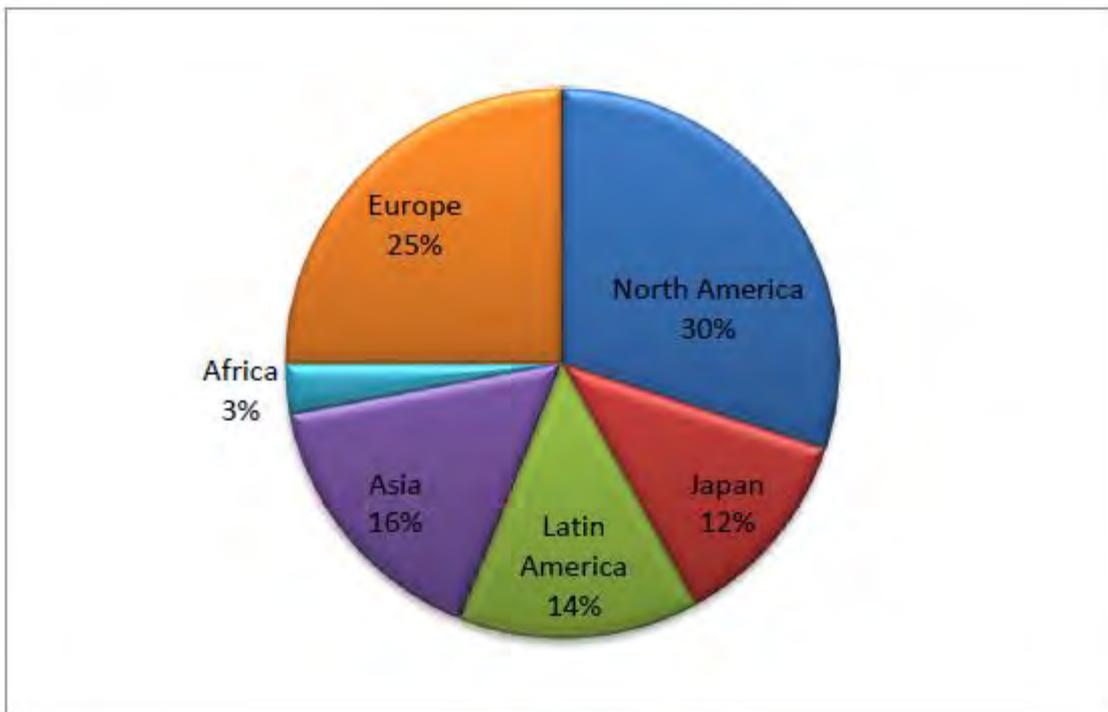


Figure 8: Utilisation régionale des pesticides, données 2010 ; Source: FAOSTAT.

VIII.2.3. Lutte physique

Les méthodes physiques de lutte contre les bruches se répartissent en deux principales catégories : les méthodes actives et les méthodes passives.

Les méthodes passives reposent sur le changement de l'environnement et elles ont un caractère plus durable. Traditionnellement, les paysans utilisaient des matières minérales pour la protection de leur culture. Ce procédé ancien et universel, toujours en usage en Afrique semble prometteur au niveau de petits stocks. Des essais réalisés avec l'attapulgite à raison de 5 g/kg d'arachide décortiqués montrent une efficacité contre *Caryedon serratus* (Ndiaye, 1991). Certains minéraux comme le sable fin, la poudre de latérite, la chaux et la cendre sont utilisés pour protéger le grain stocké contre les insectes. Mélangés au grain battu, les minéraux remplissent l'espace entre les graines, empêchant ainsi le mouvement et la propagation des insectes dans le produit stocké. L'utilisation du sable et de la cendre dans la conservation des denrées alimentaires entraîne la déshydratation des insectes ravageurs (Cruz *et al.*, 1988).

Le séchage prévient la germination des graines, la croissance des bactéries et des moisissures et permet de créer des conditions moins favorables au développement des insectes. Il est donc nécessaire de sécher le grain avant de le stocker. La méthode de séchage dépend des conditions locales. Utiliser au maximum le soleil et le vent et prendre les mesures appropriées pour éviter que les produits séchés ne soient remouillés par la rosée ou la pluie. L'exposition

au soleil du grain étendu sur des feuilles ou des surfaces dures provoque la fuite des insectes adultes qui ne supportent ni les températures élevées, ni la lumière forte. Le soleil ne détruit pas forcément les œufs et les larves à l'intérieur des graines. Les graines mises à sécher au soleil doivent régulièrement être retournées afin que la chaleur soit distribuée de façon égale. En outre, la quantité d'air présente au sein du stock est fortement diminuée ce qui provoque un ralentissement du développement des insectes et des moisissures (Bijlmakers et Verhoek, 1995). L'irradiation aux rayons gamma permet de tuer tous les stades de développement à des doses élevées ou d'induire une stabilisation à des doses faibles (Lienard et Seck, 1994). Les radiations X et gamma ont un pouvoir de pénétration élevée entraînant une stérilité et une perturbation de la biologie de l'insecte. Le stockage hermétique constitue une méthode de lutte très efficace qui, en réduisant la quantité d'O₂, peut tuer les insectes par asphyxie. On peut également utiliser la conservation par le froid, malgré son coût très élevé. Les insectes présents dans le grain peuvent être retirés par le tamisage. Les trous du tamis doivent être plus petits que les grains. Les insectes qui passent au travers du tamis sont ramassés et détruits (brûlés) (Bijlmakers et Verhoek, 1995).

Les méthodes actives utilisent de l'énergie au moment de l'application pour détruire, blesser, stresser ou éliminer les ravageurs des cultures. Elles peuvent avoir recours aux chocs thermiques (chaleur) ou mécaniques et à la lutte pneumatique par aspiration soufflage (Vincent et Panneton, 2001). Le séchage solaire prolongé en couches minces permet de détruire les insectes adultes et les larves (Zehrer, 1984). En plus les insectes ne supportent pas la lumière raison pour laquelle dans les stocks, ils se cantonnent dans les zones sombres. Le remuage des graines stockées est une pratique très simple, qui peut être effectuée à petite échelle au niveau d'un foyer de petits paysans. La larve d'un coléoptère a généralement besoin d'au moins 12 heures pour pénétrer dans une graine. Pour faire cela, elle doit s'appuyer contre la graine voisine, qui doit rester fixe pendant toute l'opération de pénétration. Si l'on déplace et agite donc les graines à intervalles fréquents, cela peut gêner et éliminer l'infestation. De plus, les adultes de certains insectes tels que ceux de la Bruche du niébé et du Capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*) sont très sensibles aux chocs, ce qui fait qu'un remuage vigoureux est susceptible de les tuer (Bijlmakers et Verhoek, 1995). Dans les pays développés, il existe la lutte électromagnétique et la lutte pneumatique. La lutte électromagnétique nécessite l'utilisation de radiations électromagnétiques (micro-ondes, radiofréquences, infrarouge) et celle pneumatique crée des courants d'air qui délogent les insectes, lesquels meurent dans le transit des tuyaux par chocs mécaniques (Vincent et Panneton, 2001).

VIII.4. Lutte biologique

La méthode consiste à introduire dans le milieu de vie du ravageur un prédateur, un parasitoïde ou un micro-organisme pathogène pour entraver le développement du ravageur ou le tuer. Les micro-organismes (champignons, bactéries, protozoaires et virus) induisent des maladies chez les ravageurs. Des biopesticides peuvent être fabriqués à partir de ces individus pour contrôler les ravageurs. On peut également utiliser des substances d'origine biologiques telles que les phéromones, kaïromones (substances végétales) et hormones juvéniles, dans la lutte biologique pour modifier le comportement du ravageur.

De simples pièges fabriqués dans de petits bidons en plastique et appâtés avec des phéromones constituent pour les agriculteurs de précieux systèmes d'alerte précoce contre le foreur des gousses des légumineuses. Les chenilles de cet insecte provoquent des pertes dévastatrices dans le niébé. Les agriculteurs, quand ils attrapent un certain nombre de foreurs des gousses adultes dans de tels pièges, savent que les chenilles apparaîtront bientôt dans leurs champs, et qu'ils devraient traiter leurs cultures dans les quelques jours qui suivent. Le système a été conçu et essayé en tandem avec des agriculteurs et des ONG du Bénin et du Ghana, et d'autres agriculteurs qui ont entendu parler de cette technique sont en demande pour ces pièges et appâts. Le système présente un important potentiel dans de nombreuses autres régions où le foreur des gousses menace le niébé.

Plusieurs espèces d'hyménoptères sont signalées comme des parasitoïdes de bruches dont *C. maculatus*. On peut les retrouver dans les champs comme au niveau des stocks. Ces espèces peuvent être oophages ou larvophages. Les parasitoïdes les plus rencontrés sont *Uscana lariophaga* (oophage) et deux espèces larvophages, un Peromalidae, *Dinarmus lariophaga* et un Eupelmidae, *Eupelmus vuilleti*. Jaques Huignard *et al.* (1998), dans leur projet, « lutte biologique contre les Bruchidae, ravageurs du niébé en Afrique de l'ouest », ont montré que ces parasitoïdes peuvent réduire les populations de bruches dans les stocks. Au champ les taux de parasitisme de *U. lariophaga* sont très élevés sur *C. maculatus* alors que ceux larvaires causés par *D. basalis* et *E. vuilleti* sont toujours faibles sur ce dernier (inférieur à 5%). Au niveau des stocks J. Huignard révèle un taux de parasitisme faible sur le ravageur. Selon lui ceci peut être dû d'une part par une faible pression parasitaire au début du stockage, donc un nombre insuffisant de parasitoïdes pour parasiter les hôtes disponibles et d'autre part par une compétition entre *E. vuilleti* et *D. basalis* et qui est défavorable à ce dernier. Or, c'est *D. basalis* qui est le parasitoïde qui réduit le mieux les populations de *C. maculatus*. Dans cette optique, Alzouma en 1995, révèle que *D. basalis* est un bon parasitoïde contre *C. maculatus*

s'il est seul et peut parasiter jusqu'à 90% des larves de ce dernier. Quant à *U. lariophaga*, elle peut parasiter les œufs de bruches pendant la durée du stockage puisque étant dans les stocks durant toute la saison sèche et est dotée d'une capacité de détection très efficace pour son hôte dans les systèmes de stockage (Alzouma, 1995).

De nombreux additifs d'origine végétale, comme les feuilles de certaines plantes et des huiles, présentent une certaine efficacité pour lutter contre les insectes présents dans les produits stockés. Utilisés adéquatement, ces additifs ont un effet protecteur. Les paysans à Mongo, par exemple, utilisent des rameaux frais de l'arbuste *Boscia angustifolia* A. Rich. (Capparidaceae), "mikhèt" en arabe tchadien, pour couvrir le stock de mil ou de sorgho dans leurs greniers traditionnels (Bijlmakers et Verhoek, 1995). Des substances biocides d'origine végétale, utilisées contre les insectes ravageurs des récoltes, ont fait l'objet de plusieurs études. Des publications et des communications à des colloques ont permis aux membres du Réseau Africain de Recherche sur les Bruches de retenir plusieurs plantes pour leurs effets insecticides sur les formes externes (œufs et adultes) et les formes internes (larves et nymphes) de différentes espèces de Bruchidae. Parmi ces espèces, on peut citer *Lantana camara* L. (Verbenaceae); *Ocimum bacilicum* L. et *Hyptis sicigera* Lam. (Lamiaceae); *Citrus lemon* (L.) Burm. F. (Rutaceae); *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam ex Poirs (Capparidaceae); *Allium sativum* L. (Liliaceae); *Piper guinensis* Shum. & Thonn. (Piperaceae); *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae); *Eucalyptus citriodora* Hook (Myrtaceae); *Cassia senegalensis* (L.) Link (Cesalpiniaceae); *Calotropis procera* Ait (Asclepiadaceae).

C'est ainsi que Seck *et al.* (1991) ont montré l'efficacité de poudres et des extraits d'*A. indica* provenant du Sénégal sur *C. maculatus*. La poudre de feuilles ou de graines d'*A. indica* à la concentration 30 g par kg de niébé a donné une mortalité de 85 à 90 % des adultes de *C. maculatus*. Gakuru & Foua (1996) ont utilisé des extraits éthers de plantes pour lutter contre la bruche du niébé et le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*). Chez *Boophilus microplus* (Canestrini), la tique du bétail, les extraits chloroformique (0,125% et 0,25%) et hexanique (0,125% et 0,25%) de *Melia azedarach* L. testés sur les larves ont provoqué respectivement une mortalité de 100% et 98% (Borges *et al.*, 2003). L'extrait étheré de *C. procera* provoque une mortalité embryonnaire de 100% à la concentration de 0.1g/ml, tandis que l'extrait chloroformique induit une mortalité de 52% de *C. serratus* à la concentration de 0.001g/ml (Thiaw, 2004).

Un grand nombre d'huiles végétales peuvent être utilisées pour protéger les légumineuses stockées. Elles présentent l'avantage d'être faciles à appliquer. Les huiles testées et utilisées

avec succès sont les huiles d'arachide, de noix de coco, de carthame, de moutarde, de ricin, de coton, de soja, de neem et de maïs. Les huiles ne sont pas toutes efficaces. Par exemple, l'huile de tournesol n'est pas toujours efficace. L'huile peut être appliquée de manière préventive et de manière curative ; l'huile et le produit à stocker doivent être mélangés soigneusement. Utilisez pour cela un grand pot ou un autre récipient et traitez le produit par petites quantités. Si une petite partie de la graine n'est pas recouverte d'huile, l'insecte pourra y pondre ses oeufs et les larves pourront pénétrer dans la graine.

L'enrobage huileux gêne la reproduction des insectes adultes qui ne peuvent plus pondre leurs œufs sur la graine. Les larves à l'extérieur ne peuvent pas entrer dans la graine à cause de la couche d'huile visqueuse. L'huile peut aussi tuer les œufs d'insectes. Si l'œuf est déjà présent à la surface ou à l'intérieur de la graine, la couche d'huile empêche les échanges gazeux: la larve à l'intérieur de l'oeuf ou de la graine meurt par manque d'air. Après le traitement, le produit peut être mis en sac. La durée de l'effet protecteur dépend du type d'huile utilisé et des conditions, mais est de 3 mois au moins, souvent jusqu'à 6 mois (Bijlmakers et Verhoek, 1995).



Figure 9: Greniers de conservation de légumineuses en terre cuite recouverts d'une toiture de chaume (Chougourou et Alavo, 2011)

V. Etat des connaissances sur l'effet insecticide des plantes

La détermination de l'effet insecticide a longtemps intéressé les chercheurs. D'après la littérature scientifique, plusieurs plantes se sont révélées efficaces contre les insectes dévastateurs des cultures ainsi que des récoltes entreposées. En effet, les plantes produisent des composés secondaires pour se défendre contre divers organismes pathogènes ainsi que les ravageurs des cultures et des récoltes (Meric, 2005). Ces métabolites secondaires ont des effets variés sur les insectes. Ils constituent des substances répulsives défensives, inhibitrices de la digestion (Regnault-Roger et Hamraoui, 1997), de la reproduction, de la croissance.

La défense de la culture du niébé ainsi que celle de sa récolte a été entreprise par de nombreux chercheurs utilisant des organes de plantes. Dans cette optique, au Nigéria, Akunne *et al.* (2014) ont évalué l'efficacité du mélange de poudre de deux plantes, *Piper guineense* et *Zingiber officinale* contre *C. maculatus*. Il ressort de leur étude que la poudre de ces plantes est très efficace pour le contrôle de cet insecte. En 1998, Ketoh *et al.* ont déterminé les effets de six huiles essentielles sur les œufs et les larves de *C. maculatus*. Ces huiles essentielles sont extraites de cinq plantes du Togo *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf. Type citral, *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle type citronnellal, *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng.: type pipéritone, *Eucalyptus citriodora* Hook type citronnellal. et *Lippia nuttiflora* Moldenke.) type citral. Et la sixième huile essentielle est celle de *Lavandula sp*) type acétate de linalyle avec 30 % de linalool a été achetée dans le commerce. Ces auteurs ont noté des taux de mortalité très élevés pouvant varier de 60 à 100 % en fonction des HE utilisées et en fonction de leur concentration. L'impact de la poudre de feuilles et de graines de *Melia azedarach* a été évalué contre la bruche maculée pour la protection des graines de niébé par Kosma en 2013 au Cameroun. En Inde, en 2011, Radha et Murugan ont testé la bioefficacité des dérivés de certaines plantes sur la répulsion, l'estimation des dégâts et la progéniture de la bruche du niébé, *C. maculatus*. Ces auteurs ont révélé que les extraits de feuilles de *Anisomeles malabarica* (Br. ex Sins) et *Azadirachta indica* (A. Juss) ont provoqué une réduction considérable du nombre d'individus de cet insecte. Au Sénégal, Diouf *et al.* (2014) dans leur étude phytochimique et insecticide de trois extraits organiques (chloroformique, cyclohexanique et méthanolique) de *Crataeva religiosa*, ont montré l'efficacité de ces extraits sur deux coléoptères des denrées entreposées, *Sotophilus zeamais* et *Callosobruchus maculatus*. Leurs résultats ont montré de meilleurs taux de mortalités de ces insectes avec l'extrait chloroformique du quatrième au septième jour d'application. Mbaye *et al.* (2014), ont également étudié l'impact de cette plante sur d'autres coléoptères, *Dermestes ssp.* Il ressort de leur étude que les feuilles de *C. religiosa* sont très efficaces contre ces insectes. Ainsi la plus

faible dose (1g/2kg : 0,05%) qu'ils ont testée a induit des effets larvicides de 86,31% et des effets adulticides de 93,01%. Au Bénin, Houinsou *et al.* (2014), ont étudié les caractéristiques biochimique et sensorielle du niébé (*Vigna unguiculata*) conservé au moyen des huiles essentielles extraites de plantes de la famille des Myrtaceae, Les résultats de leurs analyses microbiologiques ont révélé une réduction significative ($p < 0,05$) de la flore fongique dans les échantillons de niébé conservés avec les huiles essentielles, comparativement aux échantillons témoins. Les analyses nutritionnelles ont indiqué que les deux variétés de niébé étudiées sont riches en protéines et en matières minérales. La conservation du niébé au moyen d'huiles essentielles améliore aussi ses caractéristiques organoleptiques avec une incidence sur le gout et l'arome des produits dérivés. Boeke *et al.* (2004) ont relevé une action répulsive et toxique de *Tephrosia vogelii* Hook f. sur *C. maculatus*, alors que *Blumea aurita* (L.) DC, qui ne présente aucune toxicité, possède un fort pouvoir répulsif. Paul *et al.* (2009) fournissent plusieurs exemples de plantes avec une efficacité différente entre les feuilles entières ou réduites en poudre et les graines dans le contrôle de *C. maculatus* et *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). Ces auteurs ont en outre mis en exergue avec *Chenopodium ambrosioides* une variabilité de l'efficacité des traitements en fonction des zones de collecte et des stades phénologiques. La plus étudiée pour ses propriétés antiappétantes, répulsives, toxiques et inhibiteur de la croissance des insectes. Plusieurs composés ont été mis en évidence dans l'activité du neem et les principaux sont des limonoïdes. L'azadirachtine en est le composé majoritaire ; la salanine, la nimbine et leurs analogues sont aussi significativement présents (Lale *et al.*, 1999). Cependant, seuls l'azadirachtine A (Aza A) et le 3-thigloyazadirachtol (Aza B) ont une activité significative. Philogène *et al.* (2002) font mention de l'utilisation du neem dans le sous-continent indien depuis plus de 4 000 ans contre les insectes des denrées stockées. Dans le cas du haricot, Facknath (2006) suggère aux fermiers pauvres comme moyen simple et bon marché la combinaison du neem et du brassage des grains (source de vibrations). Cette méthode donne un contrôle plus satisfaisant que l'un ou l'autre système utilisé seul dans le contrôle des populations de *A. obtectus*, *S. oryzae*, *O. surinamensis* et *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). Les vapeurs d'huiles essentielles accroissent la mortalité des larves. Papachristos *et al.* (2002) ont démontré la toxicité de *Lavandula hybrida*, *Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptus globulus* sur les œufs de *A. obtectus* avec une différence de sensibilité significativement corrélée à l'âge. C'est au-delà de trois jours que la sensibilité est la plus forte, probablement à cause d'une plus grande perméabilité du chorion ou de la membrane vitelline facilitant ainsi la diffusion des vapeurs. Ogendo *et al.* (2008) ont quant à eux démontré la toxicité des huiles essentielles de *Ocimum gratissimum* L. à $1 \mu\text{l.l}^{-1}$ sur *R.*

dominica, *O. surinamensis* et *C. chinensis* (L.) avec des taux de mortalité de 98 à 100 % en 24 h. Ils ont identifié le méthyle eugénol comme composant majoritaire et précisent une très forte variation dans la composition chimique de neuf chémotypes de *O. gratissimum* en relation avec la saison, le stade de récolte ainsi que l'origine géographique.

Katamssadan *et al.* (2014), dans leur étude de l'effet du séchage dans la constitution chimique de la poudre de *Plectranthus glandulosus* et son efficacité contre *Sitophilus zeamais* et *Callosobruchus maculatus*, révèlent que la poudre de feuilles de cette plante séchées au soleil constituent un bon candidat pour la protection du maïs contre l'infestation de *S. zeamais*, alors que le régime du séchage n'a aucun effet sur *C. maculatus*. Righi Assia Fatiha *et al.* (2014), ont montré 100% de mortalité des adultes de la bruche chinoise, *Callosobruchus chinensis*, avec l'application des huiles essentielles de *Artemisia herba-alba* Asso. Ils ont par ailleurs noté une réduction significative de la longévité des mâles et des femelles avec l'impact de 30µl d'huiles essentielles de *Scilla maritima* L. (1,3 jours) et de *Salvia verbenaca* L. (2,8 à 4,6 jours). Pour la fécondité, 30µl d'huiles essentielles de ces plantes entraînent une inhibition de l'oviposition de cette bruche. Mukendi *et al.* (2013), révèlent un impact accru sur la mortalité de la bruche du niébé, la réduction de poids des graines de niébé dans la province de Kabinda en République Démocratique du Congo. Delimi *et al.* (2013) dans leur étude : bio-activité des huiles essentielles de l'Armoise blanche *Artemisia herba alba* : effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera). Ils révèlent un effet insecticide de l'huile essentielle extraite de la plante aromatique *Artemisia herba alba*, sur la population d'insectes ravageurs des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera). Le bio-pesticide agit avec un double mécanisme d'action. Administré chez les adultes, l'huile essentielle provoque un taux de mortalité significatif par rapport aux témoins. Alors que son administration sur les chrysalides, prolonge leur développement nymphal et perturbe la reproduction des adultes, en prolongeant la période de pré-oviposition et en réduisant la période de dépôt des œufs puisque les femelles fécondées, ne pouvant vivre plus d'un ou de deux jours, ce qui réduit le nombre d'œufs déposés. Douiri *et al.* (2013), dans leur recherche de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de *Allium sativum* contre *C. maculatus*, révèlent que l'huile essentielle a un impact significatif sur la fécondité, la fertilité et mortalité de cet insecte. Pour la défense du niébé stocké en R D Congo, Kayombo *et al.*, 2014, ont étudié l'effet de la poudre de basilic (*Ocimum basilicum*) sur le principal prédateur des graines de niébé en stock, *C. maculatus*. Il ressort de cette étude que la longévité des *C. maculatus* est inversement proportionnelle à la dose appliquée. Ainsi la dose de 45gr.kg⁻¹ entraîne 100% de mortalité à 6 jours d'observation

au moment où la dose 30gr.kg^{-1} en donne 78% de mortalité de cet insecte. Cette même étude stipule que le nombre de graines endommagées diminue avec l'augmentation de la quantité de poudre appliquée.

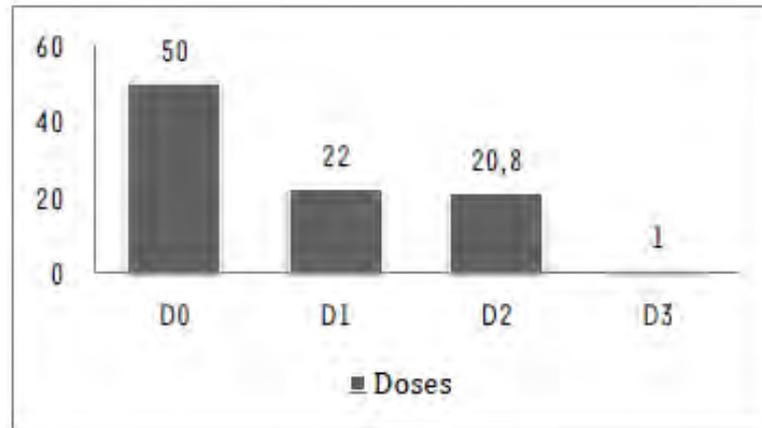


Figure 10: Evolution du taux d'attaque des graines de Niébé traitées avec de la poudre d'*Ocimum basilicum* (D₀ : (0gr.kg⁻¹) ; D₁ (15gr.kg⁻¹); D₂ (30gr.kg⁻¹); D₃ (45gr.kg⁻¹))

L'effet de l'extrait de poudre de plusieurs plantes (*Vitex negundo* L., *Eucalyptus globules* Labill., *Ipomoea sepiaria* K., *Azadirachta indica* L., *Carthamus tinctorius* L., *Sesamum indicum* L. et *Acacia arabica* L.) a été évalué sur l'oviposition de *C. maculatus* par Rahman et Talukder en 2006. Leurs résultats renseignent de l'efficacité considérable des huiles extraites de ces plantes à l'encontre de la prolifération du bruchinae *C. maculatus*. De toutes ces plantes, le neem se révèle plus efficace dans la réduction de l'émergence de la F1 de cet insecte. L'huile de *Vitex negundo* se montre plus toxique parmi les huiles extraites de trois plantes (*Vitex negundo*, *Eucalyptus globulus* et *Ipomoea sepiaria*), alors que la poudre de feuilles de *Acacia arabica* se montre plus efficace comparée à celle de *Vitex negundo*, *Eucalyptus globulus* et *Ipomoea sepiaria*. L'efficacité de la poudre des graines de *Vitellaria paradoxa* a été testée sur l'oviposition, la viabilité des œufs et la mortalité de *C. maculatus* au laboratoire par Abdullahi et Majeed en 2010. Leur étude montre que la poudre des graines de cette plante est un biopesticide très efficace pour la protection des stocks de niébé. Ainsi elle induit 100% de mortalité des adultes de *C. maculatus* après 24 heures d'exposition avec la dose la plus élevée (10.0%w/w) de poudre de graines. En outre le nombre d'œufs pondus par les femelles de *C. maculatus* a considérablement diminué avec l'application de la poudre des graines de *Vitellaria paradoxa* à une dose de 5%w/w comparativement au nombre d'œufs pondus par les témoins. Ce qui se traduit également à une réduction cruciale de la viabilité des

œufs pondus par les femelles traitées. L'effet de trois plantes a été évalué au laboratoire : *Securidaca longepedunculata* Fres., *Cassia occidentalis* L. et *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. L'application de la poudre de feuilles de *S. longepedunculata* sur des graines de niébé, à la concentration de 5 à 10 % (P/P), réduit ou inhibe l'émergence et les dégâts de *Callosobruchus maculatus* (F.). L'écorce de racines a un effet fûmigant sur *C. maculatus*, *Sitophilus zeamais* Motsch. Et *Tribolium castaneum* Herbst., avec une CL50, qui, selon les espèces s'échelonne de 1,6 à 47,1 g/l (Seck, 1995). L'huile extraite des graines de *C. occidentalis*, appliquée à la concentration de 10 ml/kg de niébé, induit des effets ovicides et larvicides sur *C. maculatus*. Quant à *B. senegalensis*, elle s'avère la plus performante. Les feuilles et les fruits de cette plante, à la concentration de 2 à 4 % (P/P), induisent 80 à 100 % de mortalité chez les adultes de *C. maculatus*, réduisent ou inhibent l'émergence et les dégâts d'une nouvelle génération d'insectes. Ils sont également actifs à l'égard de *Prostephanus truncatus* (Horn.), *S. zeamais*, *Sitotroga cerealella* Oliv. et *T. castaneum*, avec une CL50, de 0,42 à 4,23 g/l (Seck, 1995). Les investigations chimiques menées sur ces trois plantes ont permis de définir la composition en acide gras de l'huile de *C. occidentalis*, d'identifier le salicylate de méthyle comme étant le principal constituant volatil des racines de *S. longepedunculata* et d'expliquer l'activité insecticide de *B. senegalensis*. Cette dernière résulte de la libération de l'isothiocyanate de méthyle à partir de la dégradation enzymatique d'un précurseur (la glucocapparine) contenu dans les feuilles et les fruits de la plante (Seck, 1995).

Tableau 6 : Quelques espèces couramment utilisées dans les greniers paysans contre les insectes des stocks au Sénégal et en Afrique de l'ouest

Espèces	Famille	Partie utilisée	Denrées traitées	Références
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam ex Poir.	Capparaceae	feuilles, fruits	niébé	Seck <i>et al.</i> , 1994 ; Sanon <i>et al.</i> , 2002 ; Sanon <i>et al.</i> , 2005
<i>Azadirachta indica</i> niébé;	Meliaceae	feuilles, graines	niébé	Seck, 1993
<i>Securidaca longepedunculata</i>	Polygalaceae	feuilles, fruits	niébé	Seck, 1993
<i>Striga hermonthica</i> (Del.)	Scrophulariaceae	feuilles niébé	niébé	Kiendrebeogo <i>et al.</i> , 2006
<i>Cassia occidentalis</i> L.	Caesalpiniaceae	feuilles, graines	niébé	Seck, 1993
<i>Cymbopogon</i> sp (<i>Cymbopogon citratus</i> , <i>C. nardus</i> , <i>C. citratus</i> , <i>C. flexuosus</i> , <i>C. schoenanthus</i>).	Poaceae	feuilles	niébé	Boeke <i>et al.</i> , 2004 ; Ketoh <i>et al.</i> , 2005
<i>Hyptis</i> * sp (<i>H. suaveolens</i> et <i>H. spicigera</i>).	Lamiaceae	Huiles essentielles des feuilles	niébé	Boeke <i>et al.</i> , 2004 ; Keïta <i>et al.</i> , 2000
<i>Lippia</i> sp.	Verbenaceae	parties aériennes	arachide	Mevy <i>et al.</i> , 2007
<i>Ocimum</i> sp (<i>O. basilicum</i> , <i>O. canum</i> , <i>O. gratissimum</i>).	. Labiatae	feuilles	niébé	Keïta <i>et al.</i> , 2001
<i>Piper guineense</i>	Piperaceae	fruits	pois chiche	Keïta <i>et al.</i> , 2000
<i>Senna occidentalis</i> L.	Leguminosae	feuilles	arachide	Thiaw <i>et al.</i> , 2007
<i>Tagetes minuta</i>	Asteraceae	feuilles	pois chiche	Keïta <i>et al.</i> , 2000
<i>Calotropis procera</i> AIT.	Asclepiadaceae	feuilles	arachide	Thiaw <i>et al.</i> , 2007

VI. Généralités sur le neem *Azadirachta indica*

VI.1. Origine et répartition

L'origine exacte du neem est controversée. Certains affirment son origine dans la vaste région de l'Assam-Birmanie. D'autres pensent qu'il est originaire du sous-continent indien. Il a été longtemps cultivé dans la péninsule malaise, indonésienne, au Pakistan et en Thaïlande où il est complètement naturalisé. Le neem dispose d'une vaste zone de répartition. Il a ainsi été introduit en Afrique tropicale par les colonisateurs. C'est dans cette mouvance que le Sénégal a été servi. Le neem est retrouvé dans toutes les régions tropicales du monde. Cette répartition mondiale de la plante est assurée par les immigrants. C'est ainsi que le neem a été introduit en Océanie, dans le sud du pacifique (Faye, 2010). Il est présent dans les îles Fidji, en particulier dans la partie occidentale des îles de Viti Levu, où il a été introduit par des immigrants venus de l'Inde qui travaillaient dans les champs de canne à sucre (Faye, 2010). La plante sert d'ombrage aux pèlerins en Arabie Saoudite. . En effet sur la plaine d'Arafat, l'une des plus chaudes de la planète, quelques 50 000 arbres ont été récemment plantés pour fournir de l'ombre aux plus de 2 millions de pèlerins musulmans qui viennent annuellement pour le Hadj (Ahmed *et al.*, 1989).

VI.2. Taxonomie et description du neem

VI.2.1. Taxonomie

Angiospermae (plantes à fleurs) ; Classe Magnoliopsida ; Super-ordre Rosanae ;
Ordre Sapindales ; Famille Meliaceae ; Genre *Azadirachta* ; Espèce *A. indica*. Le neem est une cormophyte de l'embranchement spermaphytes. Il appartient au sous embranchement des angiospermes et à la classe des dicotylédones. La classification actuellement retenue du neem est la suivante :

- Ordre : Rutales
- Sous - ordre : Rutineae
- Famille : Meliaceae A.Juss
- Genre : *Azadirachta*
- Espèce : *Azadirachta indica* A. Juss

VI.2.2. Description

Azadirachta indica est une plante à développement rapide. Il peut atteindre 20 mètres à trente mètres de haut et plus de 2 m de circonférence et il peut vivre deux siècles. C'est une plante à

feuillage persistant. Le neem perd parfois ses feuilles en période de sécheresse, pendant un temps relativement court.

Les feuilles alternes, paripennées, contiennent environ sept paires de folioles asymétriques à la base. La face dorsale d'une foliole de neem a une couleur verte foncée alors que la face ventrale est plus claire. Les feuilles mesurent entre 20 et 40 cm de long et sont plus denses à l'extrémité des branches. La couleur des feuilles dépend de leur âge. C'est ainsi que les plus jeunes ont une couleur rougeâtre alors que les matures présentent une couleur verte. Le neem présente une tige droite de hauteur comprise entre 1,5 et 3,5m (Schmutterer, 1995) à l'âge adulte.



a.



b.

Figure 11 : Feuilles (a) et inflorescences (b) du neem

Son tronc présente des écorces marron et crevassées verticalement. L'écorce présente une partie interne fibreuse de couleur brune. La tige présente par endroit des dépôts de gomme. Elle présente une cime ample, arrondie ou lâche (Adam et Kerharo, 1973). Les fleurs d'*A. indica*, blanches et de petite taille, reposent sur un faisceau auxiliaire dont la longueur peut atteindre 25cm.

Les inflorescences, qui se ramifient, portent 150 à 250 fleurs. Une fleur individuelle mesure 5-6 millimètres de longueur et 8-11 millimètres de largeur. Les fleurs bisexuées, protandres, existent sur le même individu. Les fleurs sont parfumées, abondantes et mellifères.

Les fruits de l'arbre sont des drupes, ellipsoïdales de couleur verte à l'âge jeune. A maturité, ils deviennent jaunes. La drupe présente un exocarpe (peau) enfermant une à deux graines contenues dans une coque. Entre la peau et la coque s'insère une pulpe très fibreuse, aigre et douce, de couleur blanche à jaune. La pulpe amère lorsque le fruit est vert, devient sucrée à maturité (Adjanooun *et al.*, 1980). Le neem dispose d'un système racinaire pivotant. On

observe une racine principale très développée et profondément pénétrée dans le sol et liant à des racines latérales peu développées et superficielles. Ce système racinaire permet au neem d'être très résistant à la sécheresse.



a.



b.

Figure 12 : fleurs (a) et fruits (b) du neem

VI.3. Usage et intérêt de la plante

Le neem est une plante très convoitée par les populations paysannes. Cette convoitise repose essentiellement sur les propriétés de la plante. Le neem fait parti des plantes résistantes à la sécheresse, d'où son utilisation pour faire face à la déforestation, ainsi qu'à l'érosion (Faye, 2010). La plante intervient par ailleurs dans la lutte contre certaines infections ainsi que certains parasites provoquant des dommages sur les êtres vivants animaux et végétaux.

En Indes, le margousier est presque considéré comme un arbre sacré tant ses vertus sont nombreuses et son nom indien veut dire "qui guérit toutes les maladies". On l'appelle aussi « la pharmacie du village » car tout est bon en lui : feuilles, fruits, écorce, graines, racines. Il soigne les problèmes de peau (piqûres d'insectes, boutons, gerçures, mycoses, acné...), traite les problèmes respiratoires, digestifs. Il est aussi utilisé en traitement contre certaines maladies comme le paludisme. C'est un puissant désinfectant largement utilisé en médecine *ayurvédique*, application externe du jus des feuilles par exemple ou d'une huile faite à partir de ce jus. Les feuilles font également office d'une utilisation interne, ainsi que les fleurs dans la cuisine notamment dans le cas de maladies infectieuses comme la lèpre ou la blennorrhagie. L'une des principales applications du neem reste malgré tout, la lutte contre les maladies et parasites de la peau, qu'il soigne efficacement : acné, eczéma, psoriasis, gale, teigne, poux et même la lèpre. D'ailleurs, aujourd'hui, le neem rentre dans la composition de savons, et d'un grand nombre de produits cosmétiques, pour entretenir les cheveux en particulier. Les fruits et

l'écorce font aussi partie de l'arsenal thérapeutique (Ayurvedic pharmacopaea of India) (www.plantesdusud.com). Le neem peut également être en même temps un analgésique à faible coût et un antipyrétique (réduction de la fièvre et anti-inflammatoire). C'est ainsi que les vieilles personnes l'utilisent en milieu serein pour atténuer les maux de tête ainsi que la fièvre. Ceci en appliquant les feuilles de neem sur leurs têtes avec l'attache d'un foulard. A cause de l'azadirachtine qu'elle contient, l'huile de neem est déconseillée aux enfants et aux femmes enceintes car pouvant provoquer des diarrhées et des vomissements. Le margousier est également utilisé dans l'alimentation dans certains pays du monde. C'est ainsi que dans le Bengale occidental, les jeunes feuilles de neem sont frites dans l'huile avec de petits morceaux d'aubergine. Le plat est appelé "nim commencé" et est le premier élément, lors d'un repas bengali, utilisé comme un amuse-gueule. Il est mangé avec du riz. Au Cambodge, les feuilles fraîches, au goût amer sont utilisées en cuisine comme épice. Le neem est également utilisée dans l'alimentation dans d'autres pays du continent Sud-asiatique, en particulier au Laos (où il est appelé kadao), en Thaïlande (où il est connu sous le nom de Sadao ou Sdao), au Myanmar (où il est connu sous le nom de Tamar) et au Vietnam (où il est connu sous le nom de sau Djau et est utilisé pour cuire la salade goi sau Djau). En Inde le miel issu des fleurs de neem est très convoité et constitue le plus cher.

Les produits de neem sont également utilisés dans la fabrication de produits de beauté tels que les crèmes de beauté pour adoucir la peau. L'huile de neem purifiée est également utilisée dans le vernis à ongles et autres produits cosmétiques. L'huile de neem sert aussi d'usage pour la préparation de produits cosmétiques tels que le savon, le shampooing et les baumes et de nombreux produits de santé bucco-dentaire. Au Sénégal les brindilles d'*A. indica* sont utilisées comme cure-dent. Le neem est utilisé en tant que dentifrice, ses propriétés antiseptiques en font un agent redoutable contre le tartre. La plante peut également servir de spermicide entrant ainsi à la contraception. Les feuilles du margousier sont très recherchées par les éleveurs en période de sécheresse car constituant un fourrage incontournable pour les bœufs et les moutons.

Actuellement tous les organes d'*A. indica* sont utilisés dans la lutte contre les insectes nuisibles aux plantes ainsi qu'aux stocks de denrées entreposées. Cet usage constitue l'un des plus importants de la plante. Ce rôle de la plante repose essentiellement sur les substances actives contenues dans ses différents organes. C'est ainsi que les molécules actives les plus remarquables sont : l'azadirachtine, la salannine, la nimbidine et le mélandriol. L'huile de neem riche en ces molécules est un anti-appétent, les insectes se détournent des cultures traitées. Un insecte qui ingère du végétal traité subit des désordres digestifs, paralysant son

tube digestif. Il cesse de s'alimenter et finit par mourir. L'Azadirachtin-A, naturellement présent dans le neem, lutte efficacement contre un grand nombre de ravageurs. Les 25 dernières années, les entomologistes ont isolé plus de 400 espèces différentes (termites, sauterelles, pucerons, chenilles, doryphores, larves de cafards...) dont certaines résistantes aux pesticides chimiques que l'on peut traiter par l'action biologique des extraits du neem (www.plantesdusud.com). L'activité insecticide a été démontrée par plusieurs chercheurs qui se sont penchés à la recherche de méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs. C'est dans cette mouvance que deux chercheurs indiens (Chopra, R.N. et Husain, M.A.), en 1928 et 1929 ont mis en exergue avec l'utilisation de 0,001% d'une suspension aqueuse de graines de neem que les criquets pèlerins sont repoussés du sol (Schmutterer, 1995). En 1962, à New Delhi, Pradhan, S. constate que les criquets refusent de manger les cultures traitées par pulvérisation d'un extrait aqueux de graines de neem, et ce jusqu'à trois semaines après le traitement (Schmutterer, 1995). On note par ailleurs que le neem est la seule plante dont le feuillage résiste à une invasion acridienne. L'azadirachtine et d'autres substances extraites des feuilles et des graines exercent une action anti-nutritionnelle et perturbent la croissance et la reproduction des insectes (CIESLA, 1993).

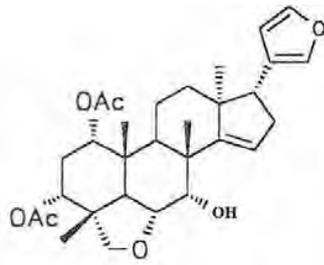
Les propriétés insecticides ont été aussi testées avec grand succès en plein champ au Burkina Faso sur les haricots verts contre la mouche du haricot et le criquet, sur les pastèques contre la mouche des cucurbitacées, sur la tomate contre la noctuelle de la tomate, les pucerons et les mouches blanches. Au Québec, les essais en champ ont été effectués sur la fraise (punaise terne), les canneberges (tordeuse des canneberges et pyrale des atocas), le brocoli, le rutabaga, le chou et le radis (mouche du chou), le poivron (punaise terne et pyrale), les oignons (mouche de l'oignon), la pomme de terre (doryphores et pucerons). En République Tchèque, les essais ont été effectués sur le puceron du chou (*Brevicoryne brassicae*). En Suisse, les essais ont été effectués sur la cicadelle (*Eupterix decemnota*) dans une culture en tunnel du romarin. On constate qu'il est important de traiter régulièrement les plants pour maintenir une couverture constante des produits à base de neem sur l'ensemble des parties de la plante car ces produits sont principalement utilisés soit en prévention, comme répulsifs ou anti-appétants (www.aspro-pnpp.org).

VI.4. Composition chimique de la plante

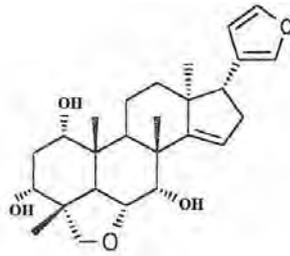
Le Pakistanais Salimuzzaman Siddiqui a été le premier scientifique à mettre en évidence les constituants chimiques naturels anthelminthiques, antifongiques, antibactériens et antiviraux du neem. En 1942, il extrait trois composés amers de l'huile de neem, qu'il nomma

respectivement nimbin, nimbinin et nimbidin. Le processus a impliqué l'extraction des composants insolubles dans l'eau avec de l'éther, l'éther de pétrole, l'acétate d'éthyle et de les diluer à l'alcool. La désignation provisoire était nimbin (soufre libre cristallin produit avec le point de fusion à 205 °C, de composition empirique $C_7H_{10}O_2$), nimbinin (avec le même principe, fondant à 192 °C), et nimbidin (crème contenant du soufre amorphe, fondant à 90-100 °C). Siddiqui a identifié le nimbidin comme le principal ingrédient actif anti-bactérien, et le composant de rendement le plus élevé dans l'huile amère de neem. Ces composés sont stables et sont trouvés en quantités substantielles dans le neem. Ils servent aussi d'insecticides naturels. La quantité d'azadirachtine ($C_{35}H_{44}O_{16}$) contenue dans les graines varie considérablement selon les conditions climatiques, les conditions du sol et le génotype de l'arbre. D'une année à l'autre, un arbre peut en effet produire des extraits qui contiennent des concentrations différentes (www.plantesdusud.com). La composition chimique du margousier a été étudiée par Adam et Kerharo en 1973. C'est ainsi qu'ils renseignent que la plante contient via ses feuilles un alcaloïde libre, la paraisine, ainsi que la quercétine et le β systostérol. Ils notent également la présence d'une méliacine qui est une lactone dénommée nimbolide, ainsi que celle de vitamines C et de carotènes. Quant aux graines, ils montrent qu'elles sont riches en huile contenant principalement de l'acide oléique (61,9%), mais aussi les acides palmitique, stéarique, linoléique et arachidique. Ils en signalent également la présence de la salannine, de la gédunine, de l'époxyazadiradion, de l'azadiron, de la meldénine, du nimol, de la désacétylnimbine et de l'azadirachtine. Nous pouvons par ailleurs noter l'existence de tanins, de flavonoïdes ainsi que de coumarines.

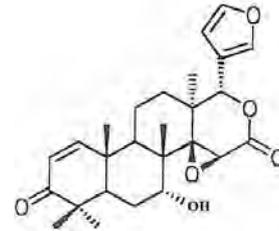
Des essais réalisés à la station de recherche sur le café en Haute Kiambu (Kenya) ont montré que les extraits méthanoliques de feuilles de neem contrôlaient la croissance du bogue du café (*Antestiopus orbitalis bechuana*) (Schmutterer, 1995). La plupart des groupes d'insectes traités avec cet extrait perdait la vie au cours des mues et les rares survivants présentaient des malformations au niveau des ailes et du thorax à l'âge adulte. De même les extraits méthanoliques d'amande de neem se sont avérés efficaces pour la réduction de la fécondité de coléoptères du haricot mexicain (*Epilachna varivestis*) et de la patate du Colorado (*Leptinotarsa decemlineata*) : certaines femelles avaient presque cessé de pondre et d'autres étaient devenues stériles (Schmutterer, 1995). Voici ci-dessous la structure de quelques molécules isolées des organes du neem.



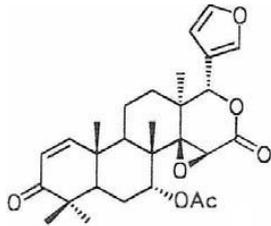
Diacetylvilasinine



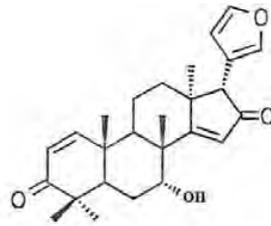
Vilasinine



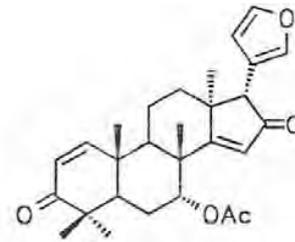
Déacétylgédunine



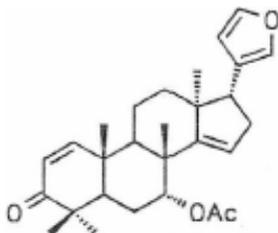
Acétylgédunine



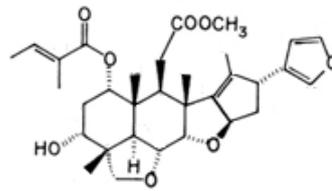
Déacétylazadirone



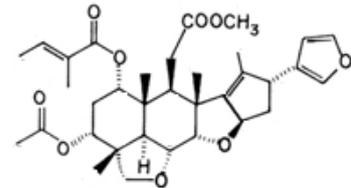
Azadiradione



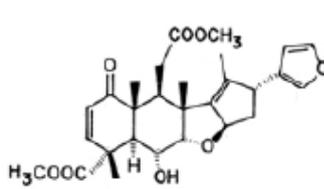
Azadirone



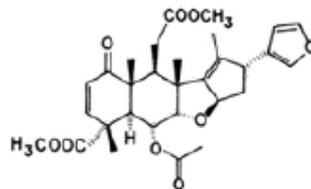
Déacétylsalannine



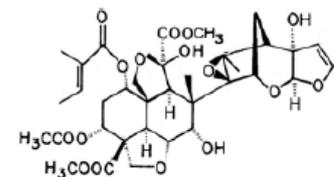
Salannine



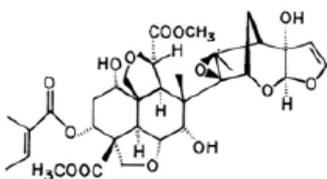
Déacétylnimbine



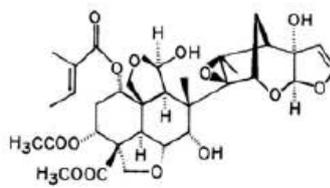
Nimbine



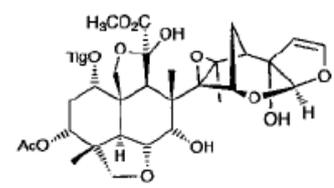
Azadirachtine A



Azadirachtine B



Azadirachtine C



Azadirachtine D

Figure 13: Structure de quelques molécules isolées des organes du neem (Faye, 2010)

Tableau 7 : Les composés bioactifs d'*Azadirachta indica* (Biswas *et al.*, 2002)

Composés	localisation	Activité biologique
Nimbine		Antiinflammatoire Antiarthrite Antipyrétique Hypoglycémique Anti ulcère gastrique Spermicide Antifongique Antibactérien Diurétique
Nimbodate de sodium		Anti-inflammatoire
Nimbin	Huile de graines	Spermicide
Nimbolide	Huile de graines	Antibactérien Antimalaria
Gédunine	Huile de graines	Antifongique Antimalaria
Azadirachtine	Graines	Antimalaria
Mahmoodine	Huile de graines	Antibactérien
Acide gallique, (-) épicatechin et catéchine	Ecorce	Anti-inflammatoire et immunomodérateur
Margolone, margolonone et isomargolonone	Ecorce	Antibactérien
Trisulfide cyclique et tétrasulfide cyclique	Feuilles	Antifongique
Polysaccharides		Anti-inflammatoire
Polysaccharides GIa, GIb	Ecorce	Antitumoral
Polysaccharides GIIa, GIIb	Ecorce	Anti-inflammatoire
NB-II peptidoglycane	Ecorce	Immunomodérateur

VII. Généralités sur *Senna occidentalis*

VII.1. Description botanique et position systématique

S. occidentalis est une espèce annuelle qui peut vivre plus d'un an dans des conditions favorables. Elle se multiplie uniquement par graines. Elles sont transportées par les eaux de ruissellement, dans la boue collée aux sabots et par les engins agricoles. Les graines de cette plante peuvent également être transportées par le vent. Elles peuvent également contaminer les récoltes de foin. La germination a lieu principalement en début de saison des pluies puis les jeunes plants peuvent atteindre 1 m en quelques semaines. La floraison s'étale de février à avril suivie de la fructification et de la mort de la plupart des plantes. Certaines vont subsister une année supplémentaire dans des bonnes conditions de chaleur et d'humidité.



a. Feuilles et gousses



b. Feuilles et inflorescences

Feuilles 14: Feuilles et fleurs de *Senna occidentalis*

S. occidentalis est une plante arbustive à feuilles alternes et composées paripennées. Les feuilles sont longues de 10 à 15 cm. La base du pétiole encadrée par 2 stipules triangulaires caduques. La partie supérieure du pétiole et du rachis est creusée d'une gouttière. Les pétioles présentent à leur base des glandes saillantes noires. Chaque feuille comprend 4 à 6 paires de folioles. Le limbe des folioles est ovale-elliptique, long de 3 à 8 cm, large de 15 à 40 mm. La taille des folioles est croissante de la base jusqu'au sommet de la feuille. La face inférieure de la feuille et sa marge sont très légèrement pubescentes, alors que sa face supérieure est glabre. Elle présente également une base dissymétrique arrondie (ou en coin large) ; son sommet est en pointe acuminée alors que sa marge est entière.

Le café nègre donne des fleurs solitaires ou groupées en grappes axillaires de 2 à 5 fleurs à l'extrémité des rameaux, ou au sommet d'un pédoncule axillaire long de 2 à 4 cm. Ses fleurs sont de couleur jaune et présentent un calice composé de 5 sépales verts, elliptiques et inégaux (sépale inférieur ovale). La corolle de la fleur a un diamètre de 1,5 à 3 cm et présente 5 pétales jaunes inégaux (pétale supérieur plus large). Les pétales sont libres et ovales disposant d'un sommet arrondi. Leurs étamines inégales (les deux antérieures à long filet et anthère courbée) sont au nombre de 10. Leur ovaire linéaire, long et recourbé est glabre et terminé par un stigmate velu.

Le fruit est une longue gousse (long de 10 à 15 cm et large de 7 à 8 mm), légèrement courbe et aplatie. Il présente des renflements au niveau des graines et s'ouvre le long des deux bords. La gousse donne 20 à 60 graines disposées en ligne et séparées par une fine membrane. Les graines sont aplaties et de couleur marron. Les cotylédons sont orbiculaires et subsessiles. Ils

présentent 3 à 5 nervures émanant de la base du limbe. Ils mesurent environ 20 mm de diamètre et leur base est légèrement cordée, alors que leur sommet présente un apex pointu.

La plante est ancrée au sol par un système racinaire se présentant en pivot. Elle se développe en petit buisson avec un port dressé pouvant atteindre plus de 1.5 m de haut. Elle donne une tige cylindrique et pleine, qui est ligneuse à sa base. La tige glabre et finement pubescente présente une faible ramification.

Actuellement, *Senna occidentalis* présente la position systématique suivante :

Embranchement : les Spermaphytes

Sous embranchement des Angiospermes

Classe des Dicotylédones

Sous classe des Dialypétales

Serie des Caliciflores

Ordre des Rosales

Super famille des Légumineuses

Famille des Césalpiniciées

Genre : *Senna*

Espèce : *Senna occidentalis* (L.)

La synonymie scientifique de cette espèce est la suivante : *Cassia caroliniana* Walter, *Cassia ciliata* Raf., *Cassia falcata* L., *Cassia foetida* Pers., *Cassia macradenia* Colladon, *Cassia obliquifolia* Schrank, *Cassia occidentalis* L. *Cassia planisiliqua* L., *Cassia torosa* Cav., *Ditramexa occidentalis* (Britton & Rose)

Les noms vernaculaires de la plante en français et en langues nationales sont les suivants :

Français : Faux kinkéliba, Café-nègre, herbe puante, indigo

Wolof : Bantamaré, Xob bu aldiana, Bâté, Bâta

Pular : Tasbati, Câbali, Alidanawo

Sérère : Mbégnéfénié, Bénékéné, Nani, Ben féné

VII.2. Origine et répartition géographique

C'est un sous arbrisseau ou plante herbacée originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique, mais répandu dans beaucoup de pays tropicaux. Très commun (aux Antilles) dans les lieux incultes, aux bords des chemins, autour des clôtures. Résistant à la sécheresse, il n'est pas consommé par les animaux et c'est parfois une des rares plantes survivant dans les lieux hyper pâturés. L'espèce est implantée essentiellement dans toutes les zones basses de La Réunion. Elle ne présente pas de préférence de sol, pourvu que celui-ci draine bien. Elle est commune dans toute la zone nord-est et sud de l'île. Néanmoins, elle est très rare sur le littoral ouest. *Senna occidentalis* est également rencontré dans les zones tropicales et subtropicales (Liogier, 1988 ; Stevens *et al.*, 2001). Il pousse aussi aux Etats Unis du Texas à l'est de Iowa, à Hawaï, dans l'île du Pacifique, à Puerto Rico et dans l'île de Virginie (Natural Resources Conservation Service, 2002).

Au Sénégal, la plante pousse sur des sols très riches en humus et souvent proches des habitations. Elle peut également pousser sur des sols très pauvres et caillouteux ; sa culture ne présente aucune difficulté à condition qu'elle soit ensoleillée. On la trouve aussi au bord des routes et dans les terrains vagues. Elle est rencontrée dans toutes les régions du pays et résiste souvent au manque d'eau.

VII.3. Utilisations et propriétés de la plante

S. occidentalis présente une importance majeure en Afrique et aux Antilles. Il est considéré comme un bon fébrifuge et sudorifique. Suivant les formulations et la dose prise, la plante joue un rôle thérapeutique important. C'est ainsi qu'une infusion de 60 g de feuilles pendant 10 minutes dans un litre d'eau bouillante avec une prise de deux tasses par jour (matin et soir) a un effet laxatif alors que pour la décoction du même poids pendant 20 mn, il faut utiliser deux tasses le soir au coucher. Une prise d'une tasse de cette décoction matin et soir a des effets diurétique et anti-inflammatoire urinaire. La décoction des racines joue un rôle antiprurigineuse, alors que son alcoolature est très efficace contre les douleurs rhumatismales si elle est appliquée en friction.

En Afrique et en Asie, les feuilles et les gousses de graines de *Senna occidentalis* ont été utilisés pour traiter les problèmes de l'anémie, de la bronchite, de la constipation et de la jaunisse de la peau.

Ses utilisations médicinales sont variées; tout d'abord fébrifuge (contre la fièvre) en faisant bouillir et infuser les feuilles ou les racines, ces dernières étant mâchées au Surinam pour combattre les maux de gorge. Le suc des feuilles est utilisé dans le traitement de problèmes oculaires, alors que les graines torréfiées servent à calmer l'asthme, les oppressions et à régulariser les règles (menstrues des femmes). Ce sont ces mêmes graines torréfiées qui font office de succédané du café et valent à la plante certains de ses noms vernaculaires. Dans certains pays africains, les jeunes feuilles sont utilisées dans la préparation de sauces. La plante est également utilisée dans la fertilisation des sols, ainsi que dans la lutte contre les ravageurs des récoltes et des cultures.

Une attention tout particulière doit être accordée à son utilisation d'autant plus qu'elle peut provoquer un inconfort abdominal, des coliques et des crampes. Donc l'usage interne est à surveiller. Il ne faut pas utiliser la plante de façon prolongée. La plante est abortive par voie interne. Son usage est à déconseiller aux femmes enceintes, aux jeunes enfants et aux personnes âgées. La plante a une toxicité non négligeable. Elle ne doit pas être consommée par voie interne par les femmes enceintes. Son usage externe ne pose aucun risque. Les graines, consommées à l'état frais par le bétail sont toxiques (symptômes neuromusculaires et digestifs pouvant entraîner la mort).

VII.4. Composition chimique de la plante

Plusieurs travaux de recherches ont mené à la détermination des constituants chimiques de *Senna occidentalis*. La composition chimique de la plante varie en fonction de l'organe végétal, de l'origine géographique ainsi que du moment du cycle végétatif où à lieu la prise d'échantillon. *S. occidentalis* renferme de la piriséline, de l'acide pencelique, de la mycoxanthone et de la sidowinine (Wader et Kudaw, 1987). Dans les feuilles, on trouve des flavonoïdes apparentés à l'apigénine ou à la vitexine, des anthraquinones tels que le chrysophanol, l'émodyne, le physcion et leurs dérivés et une quantité considérable d'alcanes bien caractérisés individuellement. Dans la fleur, se rencontre du physcion et de l'émodyne (Anton et Duquenois, 1968 ; Majundar *et al.*, 1987). La racine contient des flavonoïdes (apigénine, vitexine, quercétol, kaempférol), des phytostérols et des anthraquinones : cassioline, physcion, émodyne, chrysophanol, islandicine, xanthone, des hétérosides du

phyccion et du chrysophanol, de la pinseline, de l'helminthosporine, de la xanthonine, de l'hergochrome, de la terigmatosistine, de la rhéine et de la cassia-xanthrone. Dans la graine, on a mis en évidence des phytostérols, de la N-méthyl-morphinoline, des flavonoïdes, des hétérosides et d'autres dérivés de la phycson-anthrone et de la phyccion dianthrone (Wader et Kudaw, 1987 ; Anton et Duquenois, 1968 ; Kion-Hyeong *et al.*, 1971 ; Kudaw et Kulkarni, 1974). Une toxalbumine est également mis en évidence dans les graines fraîches. Les graines une fois torréfiées sont un succédané du café, les composants toxiques étant détruits par la torréfaction, mais il n'y a ni caféine ni substance à effet stimulant dans ce "café bâtard".

VIII. Généralités sur *Crataeva religiosa* Forst

VIII.1. Description botanique et position systématique

VIII.1.1. Description botanique

C. religiosa est un arbuste de 5 à 6 m de haut et présente une couronne ronde. Avec l'âge, il peut avoir jusqu'à 10 m voire même 16 m de hauteur. Son tronc est rond et peut avoir un gros diamètre avec l'âge. Le fût est généralement ramifié à sa base et présente des écorces brunes rousses claires avec des lenticelles bien visibles et grises, s'écaillant à la base du tronc. Les feuilles en touffe terminale, apparaissent après les fleurs. Elles sont en trois folioles acuminées, obovales, de 6 à 10 cm de long ; les latérales sont asymétriques. Les pétioles ont une surface lisse et présentent des longueurs d'environ 7,5 cm. *C. religiosa* fleurit entre janvier et avril. Les fleurs ont des racèmes terminaux courts, souvent de 25 à 20 mm incurvés d'un côté. Elles sont blanches, mais présentent des étamines violettes. Elles sont également finement parfumées avec parfois l'extrémité des pétales mauve, pâle et rose. Elles apparaissent à la saison sèche après la défeuillaison.



Feuilles et fleurs (www.summagallicana.it)

Feuilles et inflorescences

Figure 15 : Feuilles, fleurs et inflorescences de *Crataeva religiosa*

Les fruits sont ronds, jaunes ou brun clair à maturité et présentent des diamètres compris entre 3,5 et 8 cm. Ils sont suspendus à des pédoncules qui se lignifient de 5 à 6 cm. Leur péricarpe est mince, dur et fissuré. A l'intérieur des fruits, on a une masse blanche, farineuse et fibreuse mais très douce avec 10 à 15 graines réniformes et brun noir. On a des fruits matures en novembre.



Figure 16 : Feuilles et fruits de *C. religiosa*

VIII.1.2. Systématique de *Crataeva religiosa* Forst

C. religiosa est une plante de la famille des Capparidacées. La première partie de son nom fait l'honneur de *Crataevus*, botaniste grec et le second terme de son nom d'espèce relate le fait qu'il est souvent trouvé à proximité des lieux de vénération du seigneur tout puissant. La plante présente la position systématique suivante :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Série : Thalamiflores

Ordre : Pariétales

Famille : Capparidacées

Genre : Capparices

Espèce : *Crataeva religiosa* Forst.

Crataeva religiosa Forst 1786 présente une synonymie très riche : *Crataeva religiosa* G. F., *C. adansonii* Oliv., *Crataeva brownii* Korth. ex Miq., 1870, *Crataeva guineensis* Schumach et Thonn., 1827., *Crataeva hansemannii* K. Schum., 1888. *Crataeva laeta* DC., 1824., *Crataeva religiosa* var. *nurvala* (Buch. Ham.) Hook. F et Thomson, 1872 (Détienne et Jacket, 1999).

Les noms vernaculaires de *C. religiosa* sont :

Wolof : horel, sebire

Sérère : ngorol, ngoral

Peul : nayibi, naiki, naiko

VIII.2. Distribution

C. religiosa est une plante commune dans toute la zone sahélo-soudanienne. Elle est fréquente dans les vallées sahéliennes du Sénégal, du Niger et de Kanadougou. On peut également trouver cette plante dans la partie Sud de la zone des forêts humides. Elle s'étend du Sénégal au Nigeria en traversant les zones sèches du Sahara. Cette plante est aussi présente en Inde et en Birmanie. En Inde, elle est rencontrée dans l'Inde péninsulaire, dans sa partie ouest, au Gange à l'Est de l'Inde, à Tripura et à Manipur (Williamson, 2002). Il est aussi trouvé dans Sikkim et Andman et Île Nicobar (Pullaih, 2006 ; Udaysing et Gaikwad, 2011). Cette plante est également rencontrée au Myanmar, à la Malaisie, en Indonésie et Sri Lanka. Les fleurs contenant du nectar sont attirantes pour une gamme large d'insectes et d'oiseaux. En effet, le papillon Pieridae (*Hebomoia glaucippe*) rend souvent visite à cette plante. La plante est aussi rencontrée le long des ruisseaux et dans les fourrés près de la mer, mais aussi dans les lieux de culte. *C. religiosa* est planté comme arbre d'ornement de par ses belles fleurs (PMP, 2011).

Au Sénégal, *C. religiosa* est inégalement répartie. Elle est commune dans les vallées du Sénégal, de la Falémé et des affluents de la Gambie. On la trouve sur le littoral depuis Saint-Louis jusqu'à la Guinée portugaise, ainsi que dans les vallées et galeries sèches à l'intérieur

du pays. *C. religiosa* vit aussi en peuplements hétérogènes dans les limons inondables ripicoles de la Koulountou et du Niokolo-Koba.

C'est une plante qui a besoin d'un sol bien humide. Dans le Sahel, zone sèche, on la trouve près des rivages et des mares. Elle supporte bien les inondations périodiques.

VIII.3. Usage et intérêt de la plante

Cette plante présente un intérêt capital, elle est employée dans l'alimentation, en médecine, en construction et comme combustible.

Au Soudan, elle est occasionnellement utilisée pour la construction de meubles, d'outils aratoires, de mortiers, de selles, de roux et de cadres de portes et de fenêtres. On l'utilise aussi pour la fabrication de souliers et comme combustible. Les feuilles de *C. religiosa* donnent un légume et condiment. Les fruits et les graines sont occasionnellement mangés (en général grillés). Le bétail broute les feuilles et les rameaux, mais les digère mal. Les feuilles de la plante, les écorces de ses tiges ainsi que de ses racines sont utilisées en médecine.

Au Sénégal, *C. religiosa* est très employée dans le domaine de la médecine et chaque ethnie en faisait un usage propre. C'est ainsi que les Sérères et les Wolofs l'utilisent comme médicament contre les héméralopies ainsi que contre toutes maladies des yeux. Les feuilles sont d'ailleurs vendues au marché de Dakar pour ces affections : on doit les bouillir dans de l'eau et les yeux du malade sont soumis aux fumigations. Elles sont aussi utilisées contre la jaunisse et la stérilité féminine. Dans le Sine Saloum, les fumigations de feuilles sont utilisées contre les migraines, les ictères et la fièvre jaune. Les poudres d'écorces et feuilles sont utilisées comme rubéfiantes par les toucouleurs du Ngémar (Kerharo & Adam, 1974). Cet emploi est surtout recommandé pour les kystes qu'on frotte avec la poudre grossière afin d'obtenir la rubéfaction et qu'on recouvre ensuite d'un pansement de fibres d'écorces et de rameaux feuillés. Dans le Cayor, les racines figurent dans quelques apozèmes recommandés pour le « diangara cadior ». Les racines sont également utilisées contre la fièvre et l'enflure. Les extraits des écorces contre les troubles gastriques et la lèpre. Les extraits de la plante ont des actions inhibitrices vis-à-vis de *Shigegella dysenteriae*. *C. religiosa* révèle aussi des propriétés anticancéreuses intéressantes. Abbott *et al.* ont constaté chez les animaux traités des réductions de tumeurs transplantables dans le rapport de 100, pris comme unité, 65 pour le sarcome 180 (avec les écorces de tige) ; à 61 pour le sarcome 180 et à 52 pour le carcinome du poumon (avec les feuilles) (Kerharo et Adam, 1974). Les rameaux sont émondés pour teindre en jaunes les tissus (mutilation de beaucoup d'arbres). *C. religiosa* produit une gomme (Von Maydell, 1981). Plusieurs auteurs ont mis en évidence le rôle ethnobotanique de cette

plante. Ainsi tous les organes de la plante peuvent être utilisés à des fins médicinales, les feuilles, l'écorce du tronc et l'écorce des racines (Nadkarni, 1979 ; Bhatachargee, 2001). L'écorce de *C. religiosa* est utilisée pour épurer le sang, pour rétablir le débit respiratoire, pour le traitement de la fièvre et certains troubles métaboliques. Elle est également utilisable pour lubrifier les articulations, humidifier la peau, guérir les plaies, maintenir la force et la vigueur. L'écorce est aussi remarquable dans le traitement des faiblesses cardiaques et du système immunitaire ainsi que des poumons. Les feuilles ont des vertus stomachiques et toniques, alors que les écorces des racines se comportent comme laxatif, stimulent l'appétit et élèvent la sécrétion biliaire. La sève de l'écorce est considérée comme remède à la tympanite et aux convulsions. Les feuilles de *C. religiosa* sont utilisées aux Philippines pour la régularisation des menstrues irrégulières. Le cataplasme de feuilles est utilisé pour le traitement des gonflements des pieds et des sensations de brûlures. Le broyat des feuilles et racines se montre efficace contre le rhumatisme. La décoction de l'écorce est utilisée dans le traitement des troubles de l'appareil urinaire et calculs urinaires et de certaines affections [[http /www.bpi.da.gov.ph](http://www.bpi.da.gov.ph). 2009]. Au Bangladesh, cette plante est utilisée comme antidote à la morsure de certains serpents, pour le traitement de certaines affections respiratoires : bronchite, asthme, pneumonie, l'amygdalite et maux de gorge. Elle est également efficace contre certaines maladies de la peau (eczéma, abcès, gale, cicatrices et verrues), et contre certains troubles : dysenterie, constipation gastro-intestinaux, maux d'estomac, manque d'appétit, maux de tête et maux de dents (PMP, 2011). Le jus de fruits, de feuilles et de l'écorce est appliqué pour guérir les morsures de serpent, plaies et coupures infectées. Il augmente l'appétit et contrôle d'autres maladies de la peau (Sapkota, 2003). Les feuilles sont bouillies simplement pour être consommées avec du riz ou des beignets, ou préparées en sauce pour accompagner le « to » (pâte à base de farine de maïs, de sorgho ou de mil). L'espèce connaît les mêmes utilisations au Mali, mais en plus, ses fruits sont consommés (MEA/SIFOR, 2009).

Il ressort de notre analyse que *C. religiosa* est différemment utilisé selon la localité considérée. Rebecca et Diallo (2013) ont mis en évidence une utilisation différentielle des organes de cette plante suivant la localisation géographique au Burkina Faso.

Tableau 8 : Utilisation des organes de *C. religiosa* au Burkina Faso

Domaine d'utilisation	Parties utilisées	Utilisations
Alimentation	feuilles	Consommé en sauce ou en bouillie
Pharmacopée	Feuilles Racines Ecorces	Les maladies soignées sont : maux de ventre, maux de tête, maux d'yeux, maux d'oreilles, boutons et démangeaisons, fatigue générale, anémie, nausées, ballonnements, diarrhées, teignes, fièvre, dysenterie, paludisme, rhumatismes, épilepsie
Artisanat	Bois	Tabourets, manches de daba, statuettes, spatules, manches de fusil
Construction	Tronc	Hangars
Rites et tradition	Arbre entier Racines	<i>C. religiosa</i> est utilisé comme totem pour certaines familles, mais se lègue comme héritage pour d'autres. Il connaît des utilisations mystiques et intervient aussi dans les rites initiatiques

Ces dernières années *C. religiosa* connaît un nouvel élan d'utilisation allant dans le sens de protéger les denrées entreposées contre les ravageurs. C'est ainsi que Diouf *et al.* (2014) ont cherché l'effet insecticide de cette plante à l'encontre de *Sitophilus zeamais* et *Callosobruchus maculatus*. Son effet insecticide a été également évalué par Mbaye *et al.* (2014) sur *Dermestes ssp.*

VIII.4. Composition chimique de la plante

C. religiosa n'a pas fait l'objet de plusieurs études en vue de la détermination de ses principaux constituants chimiques. Au Sénégal, des études réalisées sur la chimie de la plante révèlent la présence de plusieurs composés chimiques. C'est ainsi que des feuilles sèches en provenance de Saint-Louis du Sénégal donnent, par analyse bromatologique, la composition suivante : pour 100 g de poudre, on a 13,5 g de cellulose, 1,5 g d'extrait éthéré, 46,3 g de glucides, 23,5 g d'insoluble formique, 28,1 g de protides et 10,5 g de cendres. Pour les

feuilles fraîches du Sénégal à 75,9%, Toury a trouvé 0,09% de lipides, 15,5% de glucides, 6,05% de protides. Il a également trouvé 196 mg de la vitamine C, 0,42 mg de la thiamine, 0,7 mg de la riboflavine, 1,70 mg de la niacine et 2480 µg d'un équivalent de la vitamine A pour 100 g de feuilles. Les recherches sur la chimie de *C. religiosa* ont été surtout pratiquées sur l'espèce d'origine indienne. L'écorce renferme une gomme, un saponoside et un tanin. De l'écorce indienne, Bhandari et Bose avaient isolé trois corps cristallisés : un triterpène, lupéol ou viscol ou cautchicol à 0,7% : C₃₀H₅₀O, sistostérol ou cinchol à 0,04% : C₂₉H₅₀O, et l'acétate de lupéol à 0,2% : C₂₉H₄₈O

D'autres auteurs, Fang- kai Ho *et al.* en ont identifiés neuf flavonoïdes dont les plus abondants sont dans l'ordre : rutine, quercétine et isoquercétine. Smolenski *et al.* ont remarqué la présence d'alcaloïdes tertiaires et quaternaires dans les écorces de l'espèce d'origine indienne (Kerharo et Adam, 1974). En 2006 Gagandeep et Kalidhar, ont mis en évidence quatre composés (dodécanoïque anhydre, méthyle pentacosanoate, kaempférol-3-O- α -D-glucoside) dans les feuilles de la plante. Le phragmalin triacétate et le lupéol de l'acétate d'éthyle sont isolés dans les fractions d'écorce de la tige de *C. religiosa* par Enamul *et al.* (2008). Récemment des auteurs comme Diouf *et al.* (2014) ont mis en évidence la présence de beaucoup de composés dans l'extrait de la poudre de *C. religiosa*. Ils ont ainsi révélé la présence des alcaloïdes (extraits cyclohexanique et chloroformique), des polyphénols (extrait cyclohexanique, chloroformique et méthanolique), des tanins (extraits chloroformique et méthanolique), flavonoïdes (extraits chloroformique et méthanolique) et des saponosides (extrait aqueux).

CHAPITRE II

TESTS DE CONTACT AVEC LE BROyat

DES FEUILLES FRAICHES

Introduction

L'effet nuisible de *C. maculatus* sur le niébé a incité beaucoup de chercheurs à mettre en exergue plusieurs méthodes de lutte à l'encontre de ce ravageur, ainsi que d'autres. A cet effet, nous avons testé par contact, les feuilles fraîches broyées de plusieurs plantes (*C. religiosa*, *A. indica* et *S. occidentalis*) sur les formes externes de cet insecte. Les mortalités des œufs induites par ces différentes plantes ont été évaluées en premier, ensuite viennent celles causées sur les adultes. Cette partie du travail sera subdivisée en trois rubriques :

- ▶ dans un premier temps, il sera question d'énumérer le matériel utilisé et d'élucider la méthodologie adoptée ;
- ▶ en second plan, les résultats obtenus de ces tests seront récapitulés sous forme de tableaux et d'histogrammes, qui seront par la suite discutés pour mieux comprendre l'impact de cette formulation sur cet insecte.

I. Matériel et méthode

I.1. Collecte et conservation

La souche de *C. maculatus* utilisée dans l'expérimentation provenait d'un échantillon de niébé infesté, acheté au marché hebdomadaire de Sandiara (Département de Mbour). Le niébé utilisé pour l'élevage avait été également acheté à ce même marché. Ces graines de niébé étaient ramenées au laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie de la Faculté des Sciences et Technique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar où elles étaient mises dans des sachets et conservées au congélateur pendant 96 heures pour éliminer toute infestation cachée. Les graines étaient ensuite mises dans des bocaux en verre de 16 cm de haut et 8 cm de diamètre hermétiquement fermés pour parer à toute éventuelle nouvelle infestation.

Les organes végétaux utilisés sont des feuilles de *C. religiosa*, d'*A. indica* et de *S. occidentalis*. Les feuilles de *C. religiosa* et d'*A. indica* étaient récoltées tôt le matin avant le lever du soleil aux alentours du département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Celles de *S. occidentalis* étaient cueillies au coucher du soleil au village de Sandiara, près des cimetières. La récolte était effectuée aux mois de janvier et de février. Après récolte, une partie des feuilles était aussitôt utilisée pour les tests de fumigation et de contact ; l'autre partie était séchée sur des claies à l'abri du soleil dans le magasin du laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie de la Faculté des Sciences et Techniques. Après séchage, les feuilles étaient transformées en poudre qui est conservée dans des bocaux en verre. Cette poudre était utilisée pour les extractions aqueuses par macération en vue des tests biologiques.

I.2. Elevage de masse

Les bruches étaient élevées au laboratoire. L'élevage consistait à maintenir la souche afin d'obtenir un nombre suffisant d'individus pour assurer les tests. Cet élevage était effectué dans des bocaux cylindriques en caoutchouc de 16 cm de diamètre et de 8 cm de hauteur. Dans chaque bocal, on introduit des graines de niébé jusqu'à ce que sa base soit entièrement cachée et un nombre suffisant d'insectes mâles et femelles. Après 24 heures de contact avec les graines, les bruches étaient récupérées. Les graines infestées étaient suivies et les adultes qui en émergeaient, étaient utilisés soit pour les tests adulticides, soit pour maintenir l'élevage de masse. De cette manière était conservée la souche de *C. maculatus* au laboratoire.



Figure 17: Procédé d'élevage de masse

I.3. Mode opératoire des tests de contact

Les feuilles des différentes plantes (*C. religiosa*, *A. indica* et *S. occidentalis*) utilisées pour les tests de contact étaient récoltées très tôt le matin. Ceci pour en obtenir une importante concentration des substances actives. Elles étaient ensuite broyées au mortier et introduites dans des bocaux de 10,5 cm de diamètre et de 8 cm de hauteur dont les couvercles sont grillagés. Dans chaque bocal, 12 adultes de *C. maculatus* non sexués, âgés au plus de 48 heures étaient introduits. Nous avons utilisé quatre poids de feuilles fraîches (2g, 4g, 8g et 16g) pour chaque plante. Pour chaque poids utilisé, trois répétitions étaient faites et un témoin blanc accompagne toujours les répétitions. Pour chaque répétition, les feuilles broyées et les insectes étaient mélangés dans un même bocal. Les bruches mortes étaient comptées à intervalle de 24 heures. Étaient comptées mortes toutes les bruches qui au toucher des pattes et des antennes n'effectuaient aucun mouvement de pattes ni d'antennes.

Les tests ovicides étaient réalisés dans les mêmes bocaux que précédemment et les mêmes poids de feuilles de plantes ont été utilisés. Après broyage, les feuilles fraîches sont mélangé

avec des graines de niébé portant chacune un œuf, à l'ordre de 12 graines par bocal. Pour chaque poids utilisé, trois répétitions ont été effectuées et un témoin blanc les accompagne toujours. Au terme de l'expérimentation, nous avons procédé à un décompte des œufs éclos et de celui des œufs non éclos. Ceci a lieu 2 semaines après l'introduction des feuilles broyées et des graines portant un œuf dans les bocaux. Ce procédé nous permettait de calculer le taux de mortalité embryonnaire par la formule suivante :

$$ME = \frac{\text{Nombre d'œufs non éclos}}{\text{Nombre d'œufs total}} * 100$$

Ce paramètre était rapporté en pourcentage et corrigé par la formule d'Abbott (1925) suivante :

$$Mc = \frac{MT - MT_0}{100 - MT_0} * 100$$

Mc = mortalité corrigée, MT_0 = mortalité observée, M_T = mortalité témoin.

Cette même formule était également utilisée pour quantifier le taux de mortalité des adultes. Des analyses statistiques (tests ANOVA) avaient été réalisées par le logiciel Statview 5. Les résultats seront présentés sous forme de tableaux et de graphiques.

II. Resultats

II.1. Effet ovicide

II.1.1. Effet ovicide des différentes plantes

Les feuilles broyées de *C. religiosa* ont entraîné une mortalité embryonnaire de 90 % à la plus faible dose, D_1 (0.00273g/cm³) et à la plus forte dose D_4 (0.0218g/cm³) ; alors que pour les autres doses, on enregistre des mortalités de 83,33% et 73,33% respectivement avec l'application des doses D_2 (0.00546g/cm³) et D_3 (0.0109g/cm³). Ces résultats montrent que les doses D_1 et D_4 sont plus efficaces que les autres, alors que la dose (D_3) constitue la moins efficace. Les mortalités induites par les différentes doses sont statistiquement égales (à $p < 0.05$) (Tableau 9).

Tableau 9 : Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de *C. maculatus* induite par le contact des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa*. Les valeurs suivies en exposant de la même lettre alphabétique sont statistiquement égales.

Doses (g/cm ³)	Mortalité des œufs (%)
D ₁ (0.00273g/cm ³)	90.00 ^a
D ₂ (0.00546g/cm ³)	83.33 ^a
D ₃ (0.0109g/cm ³)	73.33 ^a
D ₄ (0.0218g/cm ³)	90.00 ^a

Le contact de feuilles fraîches broyées de *S. occidentalis* avec les œufs a causé des mortalités qui avoisinent les 40% pour toutes les doses. La plus faible dose a donné plus de mortalités que les autres doses, soit 45%. Les doses D₂ (0,00546g/cm³), D₃ (0,0109g/cm³) et D₄ (0,0218g/cm³) provoquent respectivement des mortalités de 40%, 33,3% et 40%. Il apparaît globalement que l'efficacité du contact des feuilles fraîches broyées de cette plante est inversement proportionnelle aux doses. Ainsi, plus, la dose est faible, plus, elle est efficace ; mais cette est infirmée par la dose D₄ (0,0218g/cm³). Les mortalités induites par toutes les doses sont statistiquement les mêmes à $p < 0.05$ (Tableau 10).

Tableau 10: Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de *C. maculatus* induite par le contact des feuilles fraîches broyées de *Senna occidentalis*. Les valeurs suivies en exposant de la même lettre alphabétique sont statistiquement égales.

Doses (g/cm ³)	Mortalité des œufs (%)
D ₁ (0.00273g/cm ³)	45 ^a
D ₂ (0.00546g/cm ³)	40 ^a
D ₃ (0.0109g/cm ³)	33,3 ^a
D ₄ (0.0218g/cm ³)	40 ^a

Le test de contact avec les feuilles fraîches broyées d'*A. indica* a donné des mortalités statistiquement égales à $p < 0,05$ sur les œufs de *C. maculatus*. Toutes les doses ont induit des

mortalités supérieures à 50%. Ainsi la plus faible dose (D₁ (0,00273g/cm³) et la plus forte dose (D₄ (0,0218g/cm³)) ont toutes montré des mortalités maximales de 100%, alors que les doses intermédiaires (D₂ (0,00546g/cm³) et D₃ (0,0109g/cm³)) ont révélé une mortalité de 96,12%. Il s'avère ainsi que le contact des feuilles fraîches broyées du neem est très efficace sur les œufs de cet insecte, quelle que soit la dose appliquée (Tableau 11).

Tableau 11 : Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de *C. maculatus* induite par le contact des feuilles fraîches broyées d'*Azadirachta indica*. Les valeurs suivies en exposant de la même lettre alphabétique sont statistiquement égales.

Doses (g/cm ³)	Mortalité des œufs (%)
D ₁ (0.00273g/cm ³)	100 ^a
D ₂ (0.00546g/cm ³)	96,12 ^a
D ₃ (0.0109g/cm ³)	96,12 ^a
D ₄ (0.0218g/cm ³)	100 ^a

II.1.2. Comparaison de l'effet ovicide

La comparaison de l'effet du contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes (*A. indica*, *S. occidentalis* et de *C. religiosa*) sur les œufs de *C. maculatus* montre une efficacité différentielle suivant les plantes et les doses. Ainsi, *A. indica* se révèle plus efficace que les deux autres plantes utilisées (*S. occidentalis* et *C. religiosa*) avec des mortalités supérieures à 95% pour toutes les doses. *S. occidentalis* a induit les plus faibles mortalités n'excédant pas les 45%. Nous constatons que toutes les plantes ont donné la même allure de mortalités suivant les doses. Ainsi nous remarquons que la plus faible dose et la plus forte dose ont toutes les deux donné la même mortalité pour toutes les plantes à l'exception de *S. occidentalis*. L'analyse de variance de l'activité ovicide des feuilles fraîches broyées des différentes plantes a révélé qu'il existe une différence hautement significative en fonction des plantes appliquées ($p < 0,0001$) (figure 17).

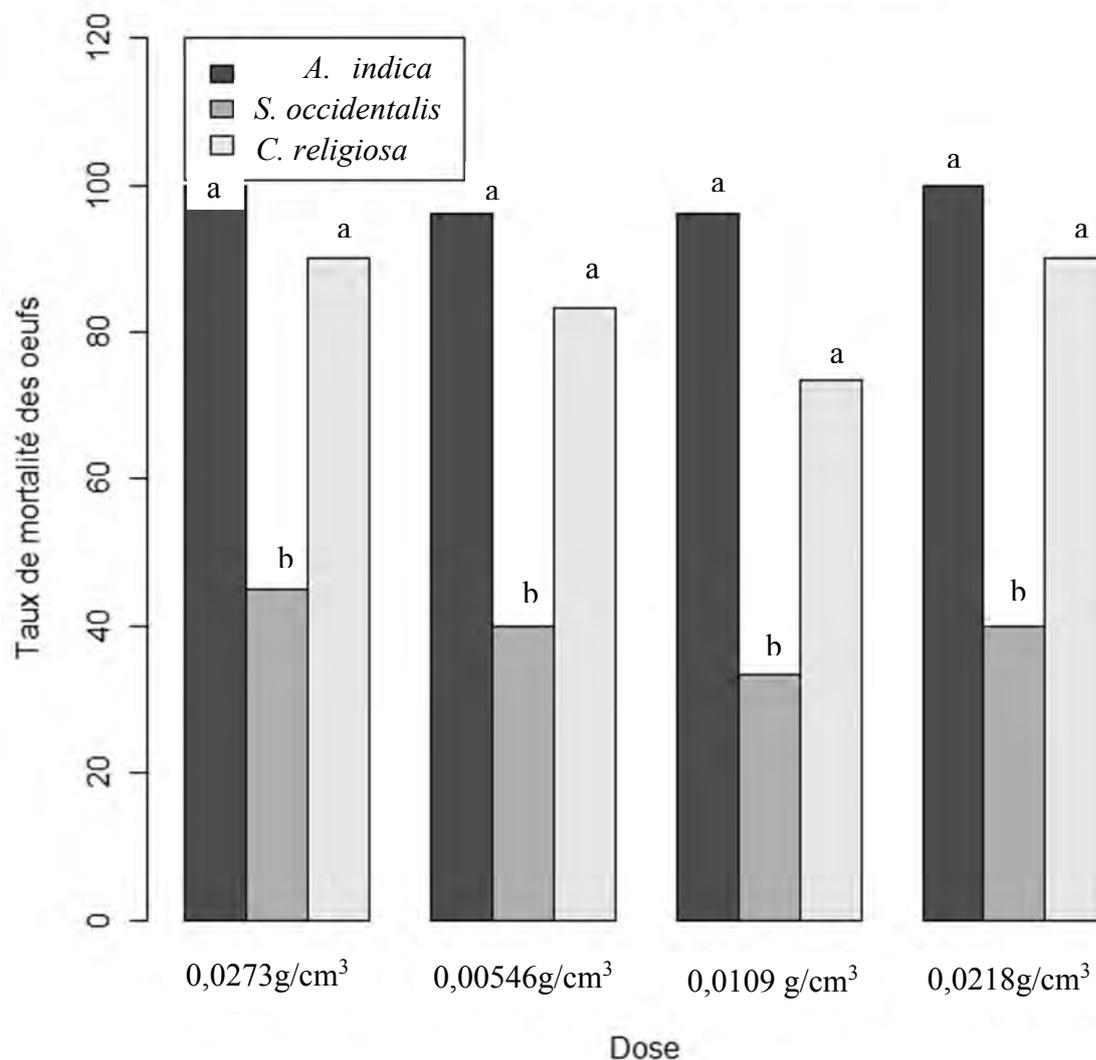


Figure 18: Comparaison des mortalités induites par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes sur les œufs de *C. maculatus*. Les histogrammes portant des lettres alphabétiques différentes sont statistiquement différents.

II.2. Effet adulticide

II.2.1. Effet adulticide des différentes plantes

L'analyse de la figure 17 montre une efficacité différentielle du contact des feuilles broyées de *S. occidentalis* sur les adultes de *C. maculatus* avec l'application des différentes doses. Au premier jour d'application, seule la plus grande dose (D₄ (0,0218g/cm³)) a présenté des mortalités (5,18%). Les deux doses immédiatement inférieures n'ont montré des mortalités qu'au sixième jour des tests, alors que la dose la plus faible présente toujours 0% de mortalité.

Cette dernière dose ne donnera de mortalité qu'au neuvième jour d'application (7,22%) au moment où les autres doses révèlent respectivement de la plus petite à la plus grande dose, des mortalités de 81,11% et de 100% pour les deux dernières doses. Au dixième jour de contact, seule la dose (D₁ (0,00273g/cm³)) n'a pas donné 100% de mortalité (figure 18).

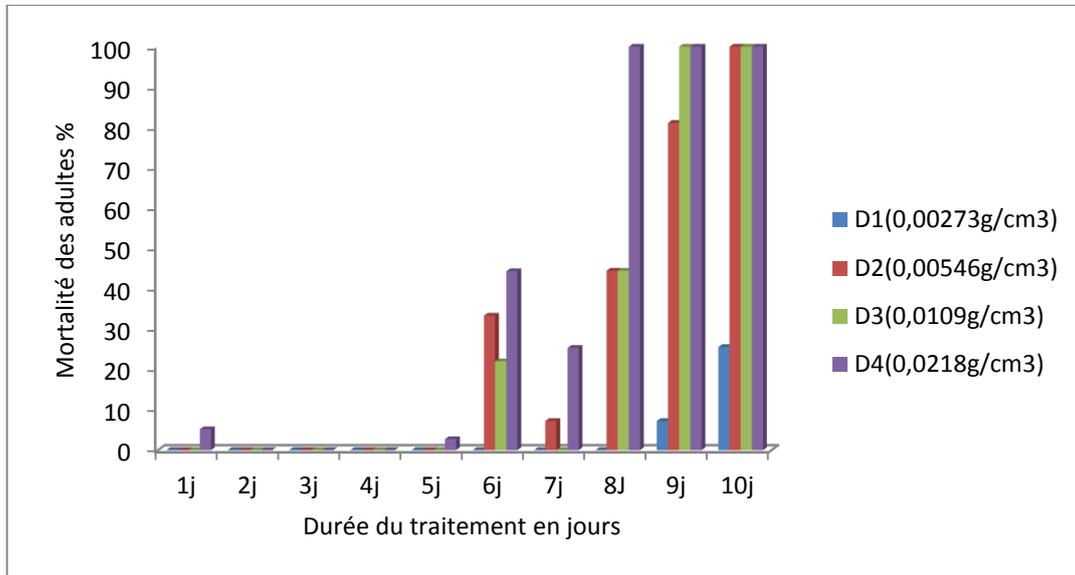


Figure 19: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes induit par le contact des feuilles fraîches broyées de *Senna occidentalis*

L'observation de la figure 19, montre des mortalités différentes suivant les doses. A 6 heures de contact, seule la dose la plus faible ne donne pas de mortalité et toutes les autres doses donnent des mortalités proportionnelles aux doses. Cette tendance n'est plus observée qu'à la 48^{ème} heure de contact, là où la dose la plus faible révèle des mortalités supérieures (37,17%) à celles des doses D₂ (0,00273g/cm³) et D₃ (0,00546g/cm³), qui montrent respectivement 8,86% et 30,85% de mortalité. Seule, la dose la plus forte donne 100% de mortalité, dès 12 heures de contact. La dose D₄ (0,0109g/cm³) donne 100% de mortalité à la 168^{ème} heure de contact, alors que c'est seulement à la 192^{ème} heure (8 jours) de contact que les autres doses (D₂ (0,00273g/cm³) et D₃ (0,00546g/cm³)) révèlent 100% de mortalité (figure 19).

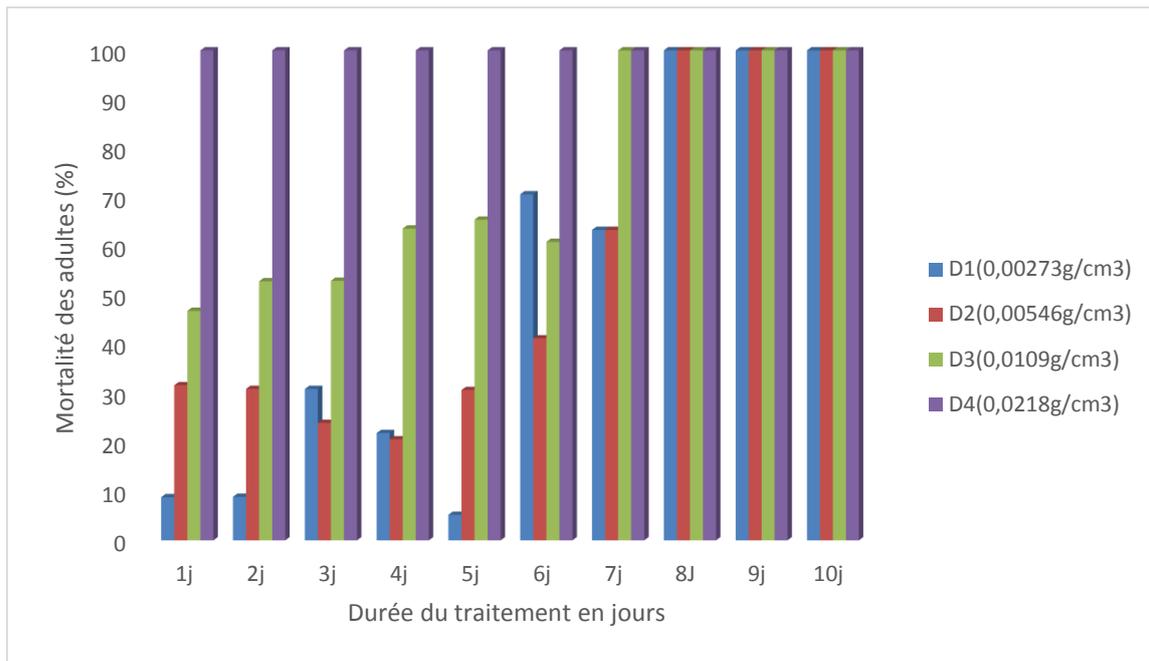


Figure 20 : Pourcentage de mortalité corrigée des adultes induit par le contact des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa*

Au premier jour de contact, toutes les doses ont donné des mortalités plus ou moins importantes sur les adultes avec un pourcentage plus élevé avec la dose D₂ (0,00728g/cm³) (19,49%). La correction de ses mortalités a révélé une inefficacité de la plus forte dose au deuxième jour d'application. Au moment où les autres doses (D₁ (0,00364g/cm³), D₂ (0,00728g/cm³), D₃ (0,01456g/cm³)) donnent respectivement des mortalités de 40,18%, de 33,96% et de 15,1%. Cette tendance se poursuit jusqu'au cinquième jour d'application où la correction des mortalités a montré une efficacité différentielle avec l'application des différentes doses ; ainsi la dose D₂ (0,00728g/cm³) s'est révélée plus efficace contre les adultes de *C. maculatus* avec 51,25%. Au septième jour toutes les doses ont donné la même mortalité (88,67%) sauf D₂ (0,00728g/cm³) qui a donné 44,47%. Une efficacité maximale (100% de mortalité) a été observée avec les trois plus fortes doses dès le huitième jour d'application, alors que la plus faible dose n'en donne que 88,67%. Cette dernière induit les 100% de mortalité au neuvième jour (figure 20).

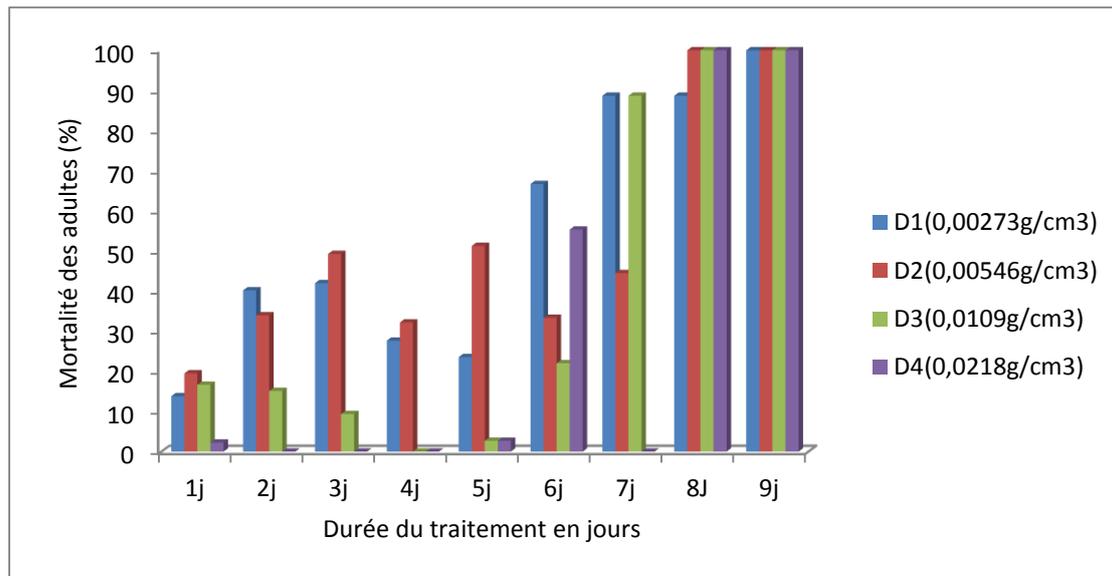


Figure 21 : Mortalité corrigée des adultes induite par le contact des feuilles fraîches broyées d'*Azadirachta indica*

II.2.2. Comparaison de l'effet adulticide des différentes plantes par dose

La comparaison des mortalités corrigées des adultes de *C. maculatus* soumis au test de contact avec la dose D₁ (0,00273g/cm³) est présentée sur la figure 21. Toutes les plantes ont donné des mortalités dès le premier jour de contact, sauf *S. occidentalis*. *A. indica* et *C. religiosa* ont présenté la même allure de mortalités, avec une efficacité plus accrue de *A. indica*. Cette tendance s'est inversée au sixième jour de contact et aux trois derniers jours des tests. *S. occidentalis* n'a donné des mortalités qu'au neuvième et au dixième jours d'application. L'analyse de la figure 20 met en évidence une efficacité adulticide plus importante d'*A. indica* dans les cinq premiers jours d'application avec D₁, tendance inversée à la faveur de *C. religiosa* dès le huitième jour de contact. Durant toute la durée de l'expérimentation *S. occidentalis* s'est révélé moins efficace que les autres plantes. *S. occidentalis* a produit des effets adulticides différents de ceux produits par les autres plantes, qui ont donné des effets similaires à $p < 0,05$ avec l'application de D₁ (figure 20).

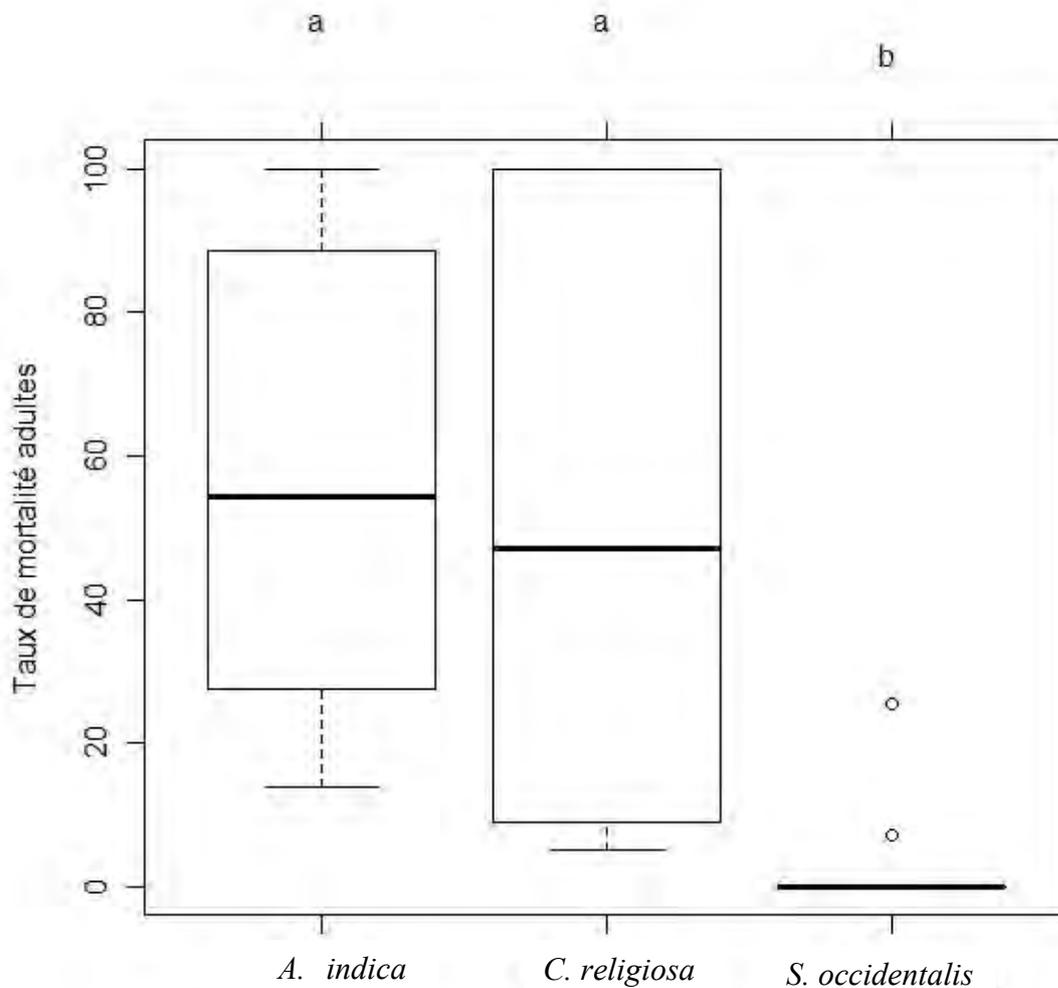


Figure 22 : Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D₁ (0,00273g/cm³)

La dose D₂ (0,00546g/cm³) a induit des mortalités des adultes avec les deux plantes (*A. indica* et *C. religiosa*) dès le premier jour de contact avec une efficacité plus importante de *C. religiosa*. Entre le deuxième et le cinquième jour de contact, nous observons des mortalités plus importantes avec *A. indica*. *S. occidentalis* a commencé à induire des mortalités des adultes au sixième jour d'application. Ces mortalités s'élèvent à 33,33% et sont confondues avec celles induites par *A. indica* à la même date ; au moment où *C. religiosa* provoque des mortalités des adultes de 41,18%. Une efficacité maximale de 100% est observée chez les deux plantes (*A. indica* et *C. religiosa*) dès le huitième jour de contact alors qu'elle n'est observable avec *S. occidentalis* qu'au dixième jour d'application. La figure 21 récapitule une efficacité plus importante d'*A. indica* aux cinq premiers jours de contact. Cette allure est inversée entre le sixième et le septième jour de l'expérimentation à la faveur de *C. religiosa*. Comme pour D₁, *S. occidentalis* présente toujours un effet adulticide moindre par rapport

autres plantes. Les trois plantes ont montré les mêmes impacts avec l'application de D₂ à $p < 0,05$ (figure 22).

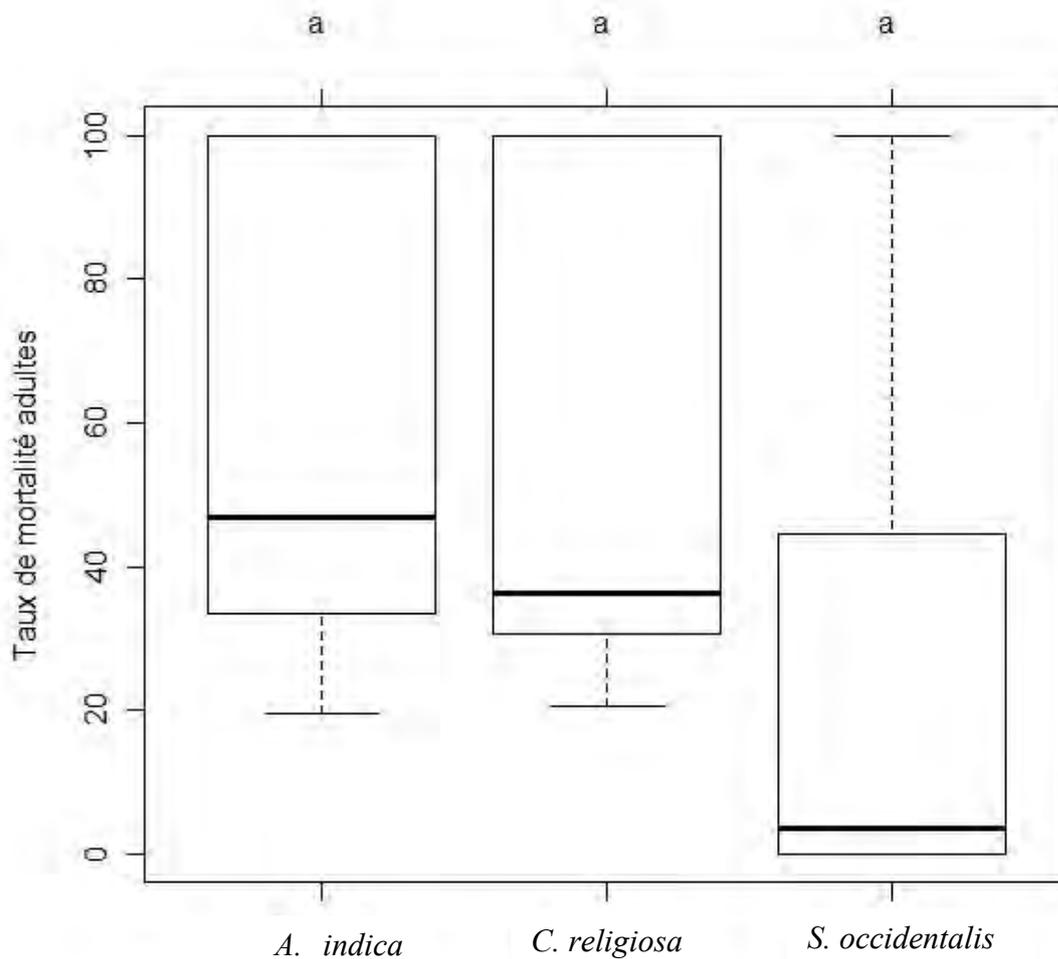


Figure 23 : Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D₂ (0,00546g/cm³)

Le contact des feuilles fraîches broyées montre avec D₃ (0,0109g/cm³) une efficacité adulticide plus notable avec *C. religiosa* dès le premier jour d'application. Cette tendance persiste jusqu'au septième jour de contact où cette même plante a induit 100% de mortalité. Période pendant laquelle les autres plantes, *A. indica* et *S. occidentalis* ont donné respectivement des mortalités de 88,67% et de 0%. *A. indica* présente une efficacité adulticide maximale au huitième jour d'application, alors qu'elle n'est observable qu'au neuvième avec *S. occidentalis*. La figure 22 révèle toujours une efficacité adulticide moins importante de *S. occidentalis* et une plus grande activité adulticide de *C. religiosa* pendant toute la durée des

tests. *A. indica* a donné des effets similaires à ceux des autres plantes, qui à leur tour ont induit des effets différents à $p < 0.05$ (figure 23).

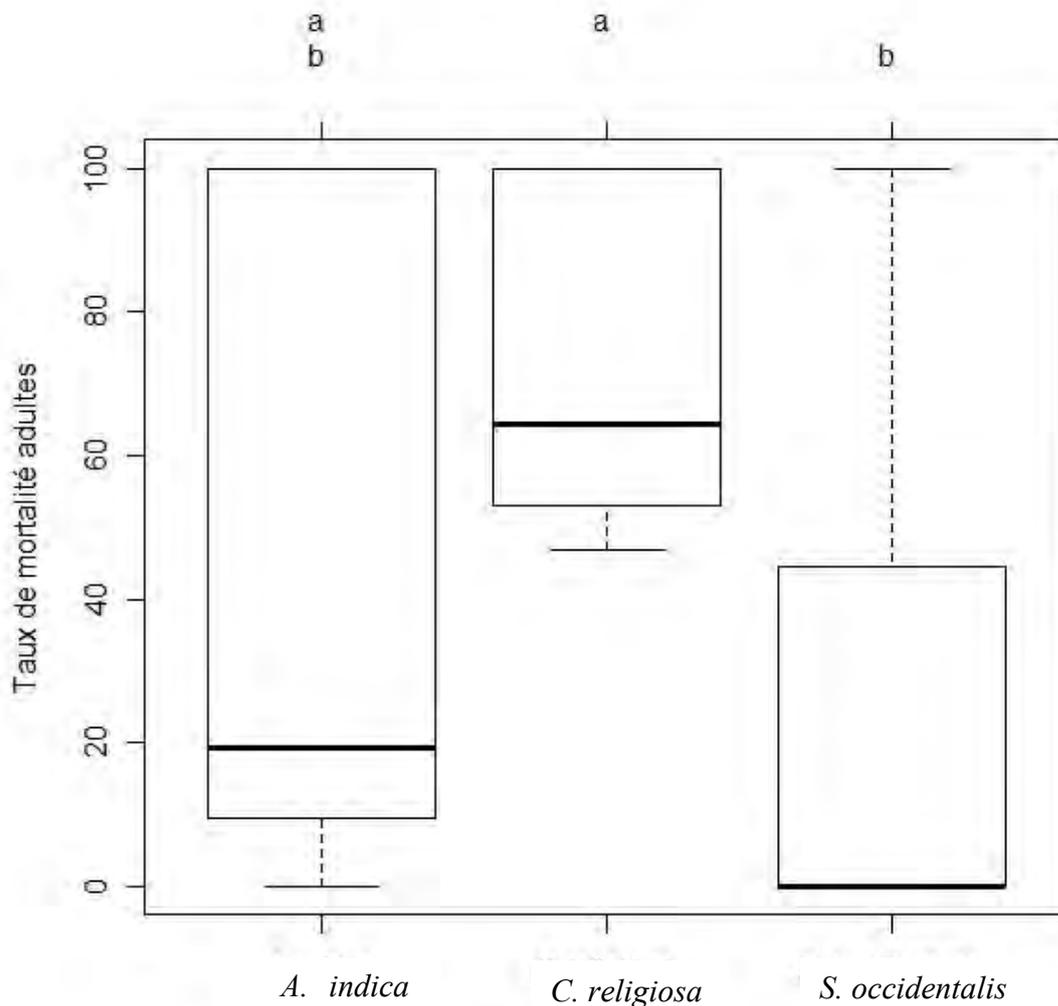


Figure 24 : Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D_3

C. religiosa s'est révélé très efficace (100% de mortalité) dès le premier jour de contact ; au moment où *A. indica* et *S. occidentalis* ont donné respectivement des mortalités de 2,25 et de 5,18%. L'effet n'a commencé à bien se faire sentir qu'au sixième jour d'application avec 55,33% de mortalités des adultes avec *A. indica* et 44,33% de mortalités des adultes avec *S. occidentalis*. Ces plantes ont toutes montré des effets adulticides accrus dès le huitième jour de contact. La figure 23 renseigne que *C. religiosa* s'est démarqué des autres plantes avec une efficacité maximale de 100% de mortalités dès le premier jour de contact. Tandis que les autres plantes (*A. indica* et *S. occidentalis*) n'ont montré cette efficacité qu'au huitième jour de l'expérimentation. Ces dernières ont presque toutes donné la même efficacité pour chaque

niveau de l'application. Avec cette dose, *C. religiosa* a donné des effets différents de ceux induits par *A. indica* et *S. occidentalis*, qui à leur tour ont produit le même impact adulticide avec D₄ à $p < 0,05$ (figure 24).

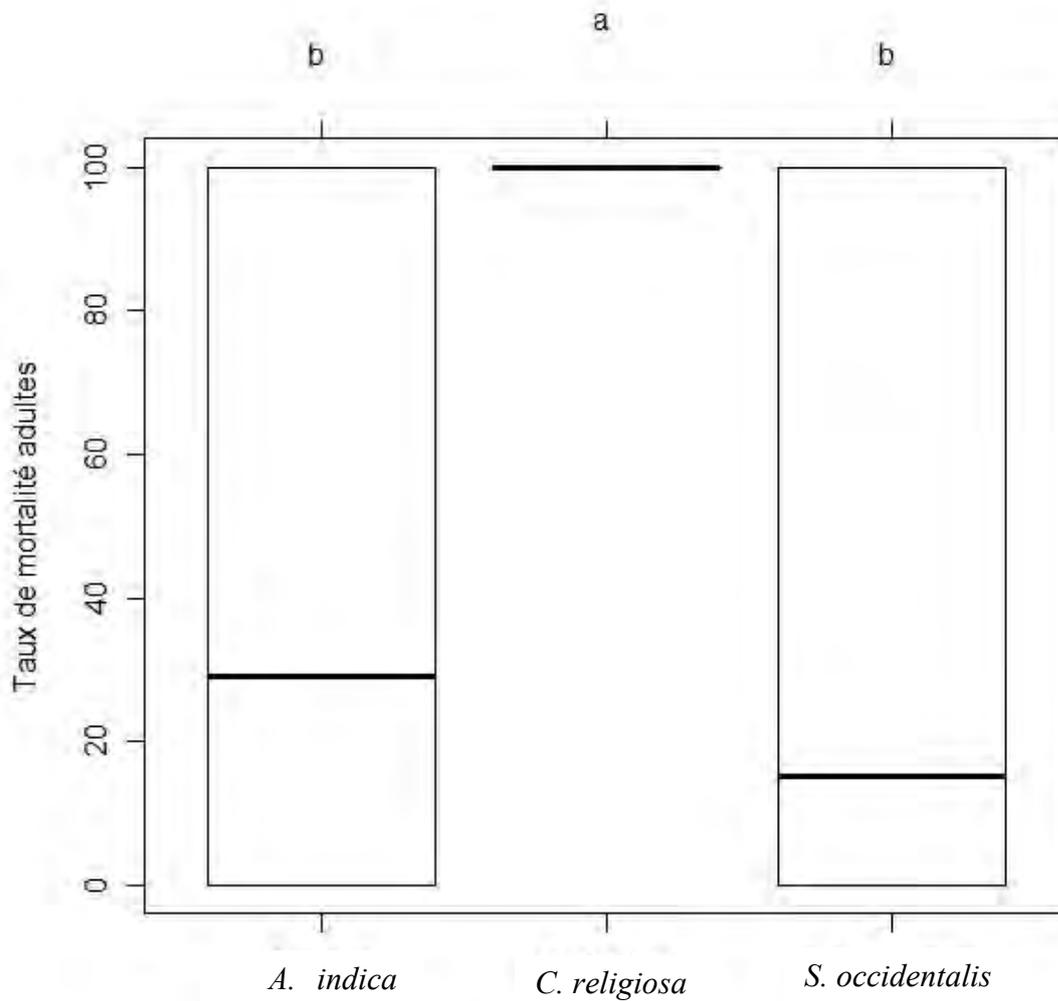


Figure 25: Comparaison de l'efficacité adulticide induite par le contact des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose D₄ (0,021g/cm³)

III. Discussion

Le contact de feuilles fraîches broyées de plusieurs plantes a été testé sur les œufs et sur les adultes de *C. maculatus* au laboratoire dans les conditions ambiantes. Les plantes ont présenté des efficacités différentielles suivant leur nature et la dose appliquée. *A. indica* a ainsi montré une efficacité ovicide remarquable (comprise entre 96,12 et 100%) avec l'application de toutes les doses. Statistiquement, nous remarquons une efficacité égale de l'effet de toutes les doses à $p < 0,05$. L'effet ovicide observé chez *C. religiosa* relate des mortalités qui s'échelonnent de 73,33% à 90%. Ainsi la dose la plus faible (D_1) et la plus forte dose présentent le même pourcentage de mortalité de 90% chez les œufs de *C. maculatus*. *S. occidentalis* s'est révélé moins efficace de toutes les plantes avec une mortalité ne dépassant pas les 45% quelque soit la dose appliquée. Les mortalités des œufs induites par le contact de feuilles fraîches broyées de cette plante sont ainsi comprises entre 33,3% et 45%.

La plus faible dose (D_1 (0,00273g/cm³)) s'est révélée plus efficace sur les œufs que les deux doses immédiatement supérieures (D_2 (0,00546g/cm³) et D_3 (0,0109/cm³)) quelque soit la plante appliquée. Elle a induit aussi des mortalités plus importantes que celles montrées par la plus forte dose (D_4 (0,0218g/cm³)) avec l'application de *S. occidentalis*. Par contre, elle a donné les mêmes effets que cette dernière avec l'application de chacun des deux autres plantes (*A. indica* et *C. religiosa*).

L'activité adulticide du contact de feuilles fraîches broyées a montré des mortalités étalées dans le temps de toutes les doses avec l'application de toutes les plantes. Ainsi quelque soit la plante utilisée, nous remarquons que les effets induits augmentent dans le temps pour chaque dose appliquée. Nous avons également noté que pour toutes les plantes appliquées, les mortalités induites sont fonction de la dose. Avec la dose la plus faible, *A. indica* s'est révélé plus efficace que les autres plantes aux premiers jours d'application, alors que les derniers jours sont marqués par une dominance de mortalités des adultes de cet insecte induites par *C. religiosa*. La même tendance est observée avec la dose D_2 . Par contre pour les autres doses, nous remarquons une inversion de situation à la faveur de *C. religiosa*.

Plusieurs auteurs utilisant des plantes pour lutter contre les ravageurs ont montré l'efficacité de plusieurs végétaux dont ceux que nous avons utilisés. Nos résultats vont ainsi dans le même sillage que ceux de Sarr (2010), qui avaient utilisé une plante parmi celles que nous avons testé, *C. religiosa* pour montrer son effet sur *Dermestes spp* avec des doses plus importantes que celles que nous avons utilisées. Il n'avait enregistré des mortalités de 100% qu'au 34^{ème} jour d'application alors que nous en avons enregistré dès la 12^{ème} heure de l'application avec la dose la plus forte. . Par ailleurs, Mbaye *et al.* (2014) ont montré des

mortalités des adultes de *Dermestes ssp* ne dépassant pas les 50% au terme de 13 jours d'application avec la poudre de feuilles de *C. religiosa* (8g/2kg). On pourrait penser que ces différences sont dues à la différence de taille qui existe entre ces deux insectes. On note ainsi que les adultes de *C. maculatus* sont plus sensibles à l'application de *C. religiosa* que ceux des *Dermestes ssp*. Les autres plantes que nous avons utilisées ont également montré une efficacité plus importante sur les adultes de *C. maculatus* que celle mise en évidence dans les travaux de cet auteur. Il s'avère ainsi que la différence d'efficacité observée serait liée en plus de la différence de taille des insectes, aux molécules actives contenues dans ces plantes. Kellouche et Soltani (2004), de leurs travaux, ont obtenu des mortalités significatives des adultes de *C. maculatus* avec l'application de poudres de feuilles de plusieurs plantes telles que *Ficus carica* (Moraceae) *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Olea europea* (Oleaceae), *Citrus limon* (Rutaceae) et *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae). A cet effet les poudres de *C. Limon*, *E. globulus* et *O. europaea* réduisent de plus de 50% le nombre d'adultes qui émergent, aux doses de 4 et 5%. Leurs résultats ont montré par ailleurs sur les adultes des mortalités de 100% en moins de 24 heures avec *S. aromaticum*. L'activité biologique de plusieurs autres plantes a été testée, sous forme de poudre sur les adultes des principaux insectes ravageurs des grains stockés tel que *C. maculatus* par beaucoup d'autres auteurs. Ainsi, la poudre des feuilles et des graines de *Azadirachta indica* (Meliaceae) (Seck *et al.*, 1991) de même que les feuilles et fruits de *Boscia senegalensis* (Capparidaceae) (Seck *et al.*, 1993) provoquent 80 à 100% de mortalité chez les adultes de *C. maculatus*, à des doses comprises entre 2 et 4%. Singh en 2011 a montré l'efficacité de la poudre de feuilles d'*Ocimum sanctum* et de *Curcuma longa* sur l'oviposition de *C. maculatus*. Ainsi avec l'application de 0,5mg de poudre de ces plantes sur 100mg a donné une oviposition de 45,64% de *C. maculatus* avec l'application d'*Ocimum sanctum* et de 40,92% de *C. maculatus* avec l'application de *Curcuma longa*. Cet auteur a donc montré que l'effet des plantes à activités biologiques n'est pas seulement mortel, mais peut affecter la fécondité des insectes tels que *C. maculatus*. L'application de la poudre de feuilles de *Securidaca longepedunculata* sur des graines de niébé, à la concentration de 5 à 10 % (P/P), réduit ou inhibe l'émergence et les dégâts de *C. maculatus* (F.) (Seck, 1994).

La comparaison de nos résultats avec ceux des auteurs énumérés ici, relate l'importance des plantes indigènes dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées. A la lumière de l'analyse de tous ces résultats, nous remarquons la mise en valeur de certaines espèces végétales qui paraissaient inutiles, mais qui en réalité requièrent d'une importance majeure

dans la défense des récoltes. En ce sens, les plantes que nous avons utilisées, se voient renforcer pour leur exploitation.

Conclusion

Le contact des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa*, *A. indica* et *S. occidentalis*, plantes indigènes du Sénégal, a été testé sur les œufs et les adultes de la bruche du niébé au laboratoire. Sur les adultes, notre étude stipule que *C. religiosa* est plus efficace que les autres plantes sur la mortalité des adultes de *C. maculatus* avec l'application des plus fortes doses (D₂, D₃ et D₄). Par contre, pour la plus faible dose (D₁), durant les sept premiers jours des tests, *A. indica* s'est montré plus agressif sur les adultes de ce coléoptère. Il s'avère ainsi que de toutes les plantes appliquées, *S. occidentalis* constitue la plante la moins efficace dans la réduction du nombre d'adultes tués. Les œufs de cet insecte, quant à eux, sont plus sensibles au broyat des feuilles d'*A. indica* qu'à ceux des autres plantes. Le broyat des feuilles de *S. occidentalis* sont moins efficaces sur les œufs de *C. maculatus*. Il est également notable que la sensibilité des formes externes de cet insecte est différentielle suivant les doses appliquées. Cette formulation se montre très efficace sur les formes externes du plus grand dévastateur des stocks de niébé. Ainsi, les paysans pourront protéger leur stock contre cet insecte et éventuellement contre d'autres coléoptères qui pilulent dans les stocks des denrées alimentaires par l'application combinée de ces trois plantes.

CHAPITRE III

TESTS DE FUMIGATION AVEC LES

FEUILLES FRAICHES BROYÉES

Introduction

La fumigation est une des techniques remarquables dans la lutte contre les insectes nuisibles et plus particulièrement contre les ravageurs des denrées stockées. Les fumigants d'origine synthétique sont les plus utilisés par les agriculteurs, alors qu'ils sont souvent entaillés de nuisances pour les manipulateurs, ainsi que pour l'environnement. A cet effet plusieurs scientifiques se sont penchés sur la recherche de substances fumigantes actives pour lutter contre les ravageurs des récoltes vivrières ainsi que celles de rentes. Celles-ci, considérées comme non nocives pour l'homme, et en général, pour les mammifères et facilement biodégradables, sont alors manipulables sans soucis majeur. Nous nous associons à ces chercheurs pour mettre en évidence la toxicité des substances fumigantes contenues dans les feuilles de trois plantes (*A. indica*, *C. religiosa* et *S. occidentalis*) vis-à-vis des formes externes de *C. maculatus*.

Nous allons d'abord présenter le matériel et la méthodologie utilisés, ensuite nous présenterons les résultats obtenus sur les œufs et sur les adultes, et en fin nous discuterons des résultats obtenus.

I. Matériel et méthodes

Ce test est effectué pour mettre en évidence un probable effet fumigant de *C. religiosa*, d'*A. indica* et de *S. occidentalis* sur les adultes et les œufs de *C. maculatus*.

Des feuilles fraîches étaient récoltées tôt le matin avant le lever du soleil et le soir avant le coucher du soleil pour les mêmes raisons que précédemment. Ces feuilles étaient ensuite broyées à l'aide d'un mortier et d'un pilon. Le broyat était automatiquement mis dans des bocaux de petites tailles (8 cm de diamètre et 5 cm de hauteur) munis de couverture grillagée. Chaque bocal était ensuite introduit dans une boîte de plus grande taille (10 cm de diamètre et 7 cm de hauteur) contenant 12 adultes de *C. maculatus* non sexués. Après introduction, chaque bocal de grande taille était aussi tôt fermé avec un couvercle sans grillage et la fermeture est renforcée par un ruban adhésif afin que les substances fumigantes ne puissent échapper. Pour chaque poids de feuilles utilisé, trois répétitions étaient effectuées et un témoin blanc sans feuilles broyées. Les bocaux hermétiquement fermés étaient gardés au laboratoire. Les insectes morts étaient comptés quotidiennement. Etait compté mort tout insecte se couchant sur son dos et n'effectuant aucun mouvement de pattes ni d'antennes après agitation. Les poids de feuilles utilisés étaient les mêmes que ceux du test de contact (2 g, 4 g, 8 g et 16 g).

Les tests ovicides étaient également réalisés avec le même procédé que précédemment où les graines portant chacune un œuf remplacent les adultes de l'insecte. Les mêmes poids de feuilles ont été utilisés et ont subis la même manipulation que précédemment (tests adulticides). Les graines portant chacune un œuf étaient obtenues par le procédé suivant : des graines de niébé saines étaient prises et introduites dans un bocal contenant des couples de bruches du niébé, 24 heures après l'introduction, les bruches étaient retirées du bocal et les graines infestées étaient observées à la loupe pour s'assurer de la présence d'un seul œuf sur chaque graine. Si une graine porte plus d'un œuf, les œufs supplémentaires seront décollés à l'aide d'une pince souple. Pour les œufs, le comptage se fait 15 jours après l'introduction et sont comptés les œufs éclos et les œufs non éclos. Pour se faire les bocaux étaient ouverts et chaque graine était prise afin d'enlever l'œuf non éclos ou le reste de l'œuf éclos. Ceci nous a permis de calculer le taux de mortalité embryonnaire par la formule d'Abbott.

Les taux de mortalité sont présentés sous forme de tableaux ou de graphiques. Des tests d'ANOVA ont été effectués avec le logiciel Statview 5.



Figure 26: procédé des tests de fumigation

II. Résultats

II.1. Effet ovicide

II.1.1. Effet ovicide des différentes plantes

Après 15 jours de fumigation, nous avons procédé à un décollage des œufs ou des restes d'œufs éclos puis à l'écrasement des graines pour observer les larves qui ont éclos. L'observation des résultats sur le taux d'éclosion montre que moins de 50 % des œufs de *C.*

maculatus sont éclos pour les deux plus faibles doses, D₁ (0,00364g/cm³), alors que les plus fortes, D₂ (0,00728g/cm³), D₃ (0,01456g/cm³) et D₄ (0,02912g/cm³) donnent toutes des éclosions supérieures à 50 %. Les mortalités embryonnaires sont de 36,94% pour la dose D₁ (0,00364g/cm³), alors qu'elles s'élèvent respectivement à 50,54 %, 72,97 % et 86,49 %, pour les plus fortes doses, D₂ (0,00728g/cm³), D₃ (0,01456g/cm³) et D₄ (0,02912g/cm³). Les mortalités induites par les plus fortes doses sont statistiquement égales et diffèrent de celles causées par les trois premières doses à p < 0.05 (Tableau 12).

Tableau 12 : Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de *C. maculatus* induit par fumigation des feuilles fraîches broyées de *C. maculatus*

Doses (g/cm ³)	Mortalité des œufs (%)
D ₁ (0,00364g/cm ³)	36.94 ^a
D ₂ (0,00728g/cm ³)	50.54 ^a
D ₃ (0,01456g/cm ³)	72.97 ^b
D ₄ (0,02912g/cm ³)	86.49 ^b

La fumigation avec *S. occidentalis* a donné des mortalités des œufs proportionnelles aux doses appliquées. C'est ainsi que l'on obtient la plus grande mortalité (90,95%) avec D₄ (0.02912g/cm³), pendant que D₁ (0.00364g/cm³) entraîne 14,33% de mortalités chez les œufs. Les mortalités causées par les doses D₂ (0.00728g/cm³) et D₃ (0.01456g/cm³) sont statistiquement égales et diffèrent de celle induite par la dose D₄ ; qui à son tours donne des mortalités différentes à celles provoquées par D₁ à p < 0.05 (Tableau 13).

Tableau 13 : Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de *C. maculatus* induit par fumigation des feuilles fraîches broyées de *S. occidentalis*

Doses (g/cm ³)	Mortalité des œufs (%)
D ₁ (0,00364g/cm ³)	14,33 ^a
D ₂ (0,00728g/cm ³)	54,87 ^b
D ₃ (0,01456g/cm ³)	63,92 ^b
D ₄ (0,02912g/cm ³)	90,95 ^c

Les feuilles de neem présentent une toxicité très importante vis-à-vis des œufs de *C. maculatus*. Nous constatons ainsi que seule la plus faible dose, D₁ (0.00364g/cm³) n'a pas donné plus de 50% de mortalité. Il ressort de ces tests que les mortalités induites sont fonction des doses. Ainsi une augmentation de la dose entraîne une élévation de la mortalité induite sur les œufs de *C. maculatus* par cette dose. Il est donc notable que les plus fortes doses ont entraîné les plus grandes mortalités. Les doses D₁ (0.00364g/cm³), D₂ (0.00728g/cm³), D₃ (0.01456g/cm³) et D₄ (0.02912g/cm³) donnent respectivement les mortalités suivantes : 32,44% ; 59,46% ; 79,73% et 95,73% (Tableau 14).

Tableau 14 : Pourcentage de mortalité corrigée des œufs de *C. maculatus* induit par fumigation des feuilles fraîches broyées d'*A. indica*

Doses (g/cm ³)	Mortalité des œufs (%)
D ₁ (0,00364g/cm ³)	32,44 ^a
D ₂ (0,00728g/cm ³)	59,46 ^b
D ₃ (0,01456g/cm ³)	79,73 ^b
D ₄ (0,02912g/cm ³)	95,73 ^c

II.1.2. Comparaison de l'effet ovicide

Nous remarquons pour toutes les plantes que les mortalités induites par les différentes doses sont proportionnelles à celles-ci. Ainsi les plus grandes doses ont produit les plus grandes

mortalités. Il apparaît également de cette comparaison que *A. indica* est plus efficace sur les œufs avec l'application des plus fortes doses (D₁ (0,00728g/cm³), D₃ (0,01456g/cm³) et D₄ (0,02912g/cm³), alors que pour la plus faible dose, *C. religiosa* s'est révélé plus toxique sur les œufs de *C. maculatus* (36,94%). Globalement *S. occidentalis* se montre moins toxique sur les œufs. Il résulte de l'analyse statistique que les mortalités des œufs dépendent des doses appliquées ($p < 0,0001$) (figure 26).

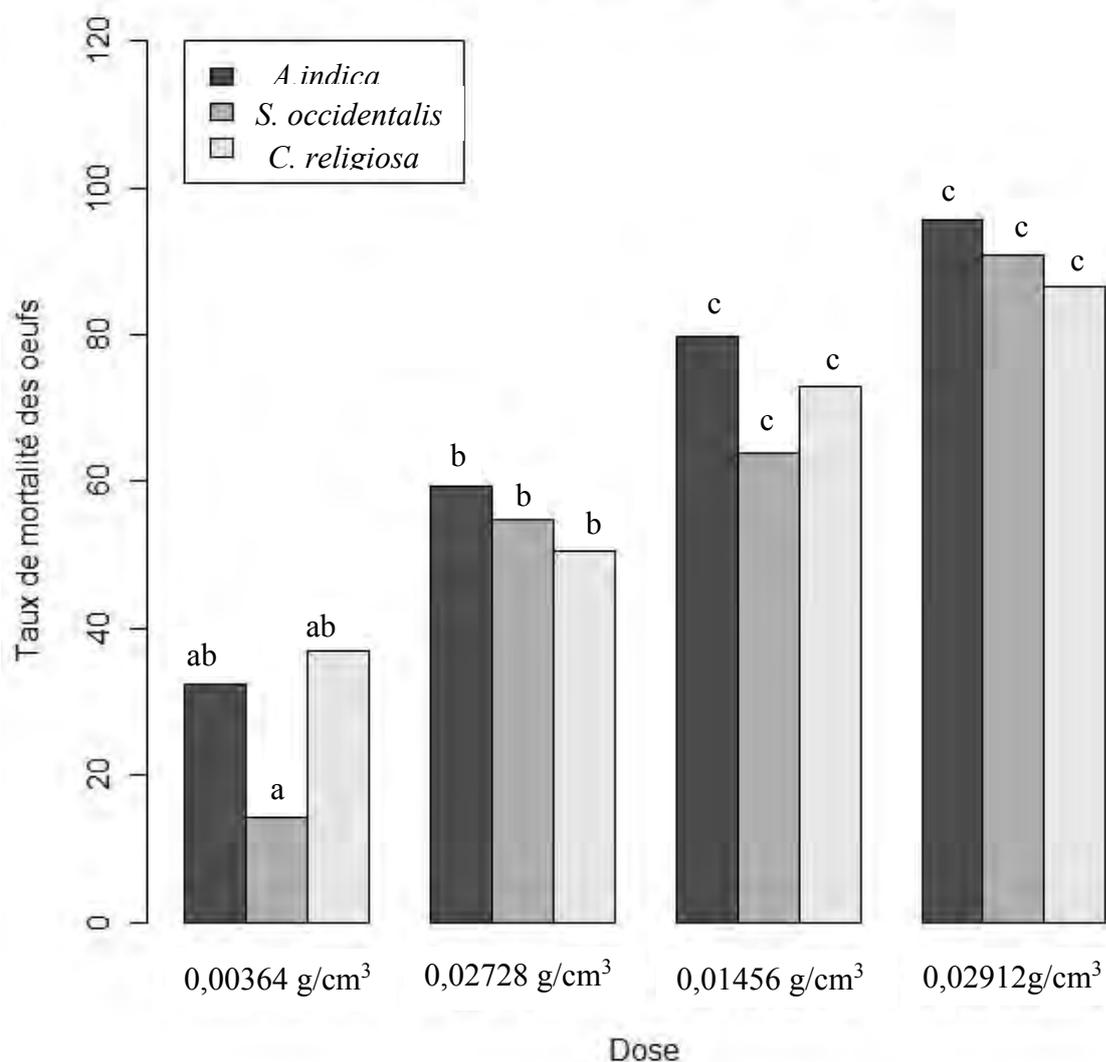


Figure 27: Comparaison des effets ovicides induits par la fumigation des feuilles fraîches broyées des différentes plantes utilisées

II.2. Effet adulticide

II.2.1. Effet adulticide des différentes plantes

En 6 heures de fumigation, nous avons noté une mortalité de 10,29% des adultes avec la plus faible dose D₁ (0,00364 g/cm³) donne 77,93%. Par contre les doses, D₂ (0,00728 g/cm³), D₃ (0,01456 g/cm³) et D₄ (0,02912 g/cm³) donnent 100% de mortalité en 6 heures d'exposition. Ces valeurs sont cependant significativement égales à $p < 0.05$ (figure 27).

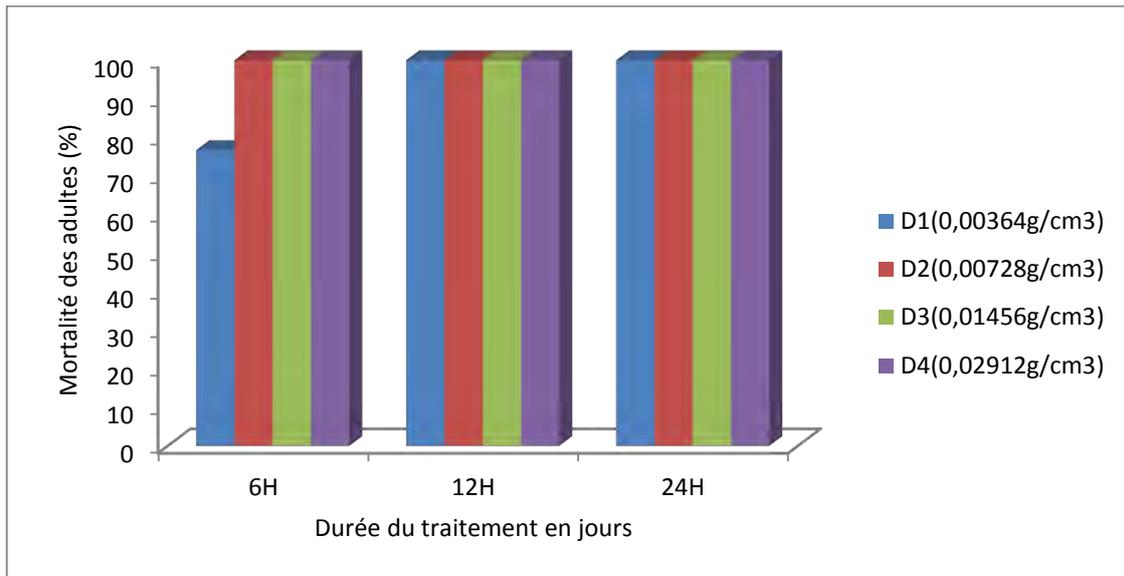


Figure 28: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes *C. maculatus* induit par la fumigation des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa*

La fumigation sur les adultes montre des mortalités avec toutes les doses au premier jour d'application, mais la dose (D₂ (0,0728g/cm³)) s'est révélée plus efficace avec 19,49% de mortalités. On remarque que la dose la plus forte n'est efficace qu'au sixième jour d'application avec 55,33% de mortalités ; au moment où la dose la plus faible (D₁ (0,00364g/cm³)) donne 66,67% de mortalités. Au huitième jour de test, seule cette dernière n'a pas présenté 100% de mortalités et révèle 88,67%. Dès le neuvième jour de l'application tous les insectes ont été tués par les différentes doses. La fumigation a statistiquement donné des mortalités hautement significatives et égales à $p < 0.0001$ avec les feuilles fraîches broyées de *S occidentalis* (figure 28).

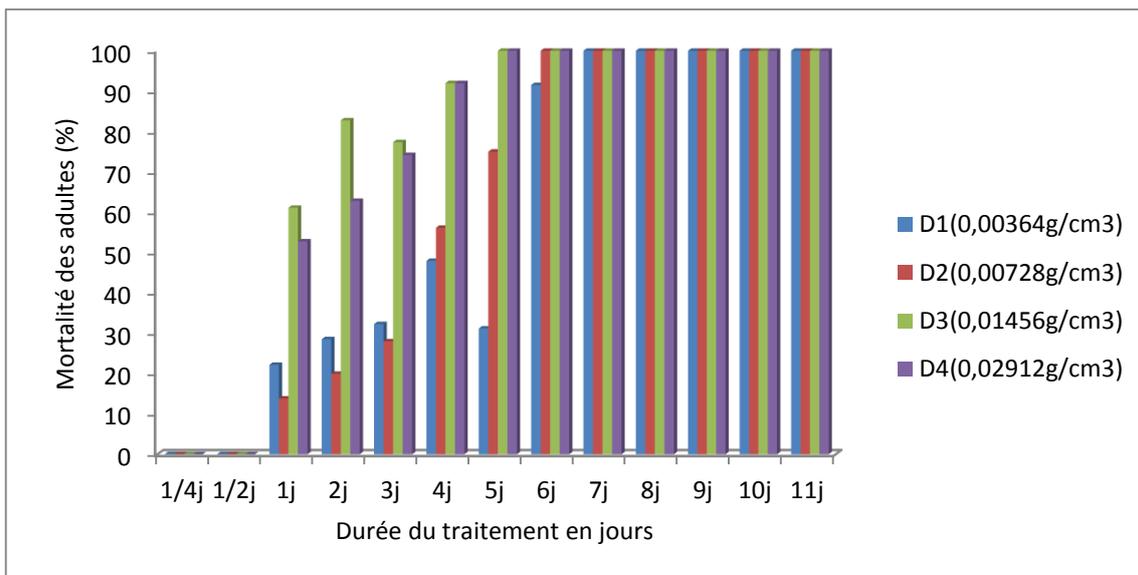


Figure 29: Pourcentage de mortalité corrigée des adultes *C. maculatus* induit par la fumigation des feuilles fraîches broyées de *S. occidentalis*

Au premier jour des tests de fumigation, les trois plus faibles doses ont donné la même mortalité (8,33%), alors que la plus forte dose n'a aucun effet sur les adultes de *C. maculatus*. Nous notons également du deuxième au quatrième jours des tests que l'efficacité de *A. indica* est décroissante suivant les doses. Cette tendance s'est inversée dès le cinquième jour de l'expérimentation, ainsi la plus forte dose a donné la plus grande toxicité vis-à-vis des adultes de *C. maculatus* jusqu'au dixième jour où les trois plus fortes doses ont induit toutes 100% de mortalité. La plus faible dose n'a montré un effet maximal qu'à l'onzième jour de l'application. En fonction du temps, la mortalité des adultes de *C. maculatus* est hautement significative avec l'application des différentes doses ($p < 0,0007$) (figure 29).

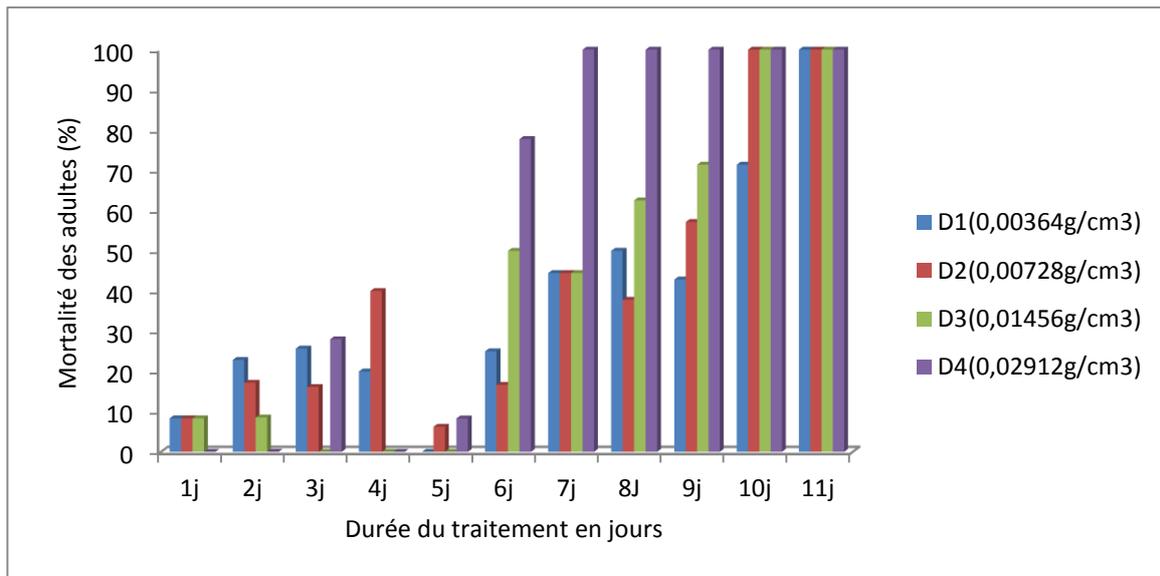


Figure 30 : Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de *C. maculatus* induit par la fumigation des feuilles fraîches broyées d'*A. indica*

II.2.2. Comparaison de l'effet adulticide de la fumigation par dose

A. indica et *S. occidentalis* n'ont montré des mortalités des adultes avec D₁ (0,00364g/cm³) qu'au terme du premier jour de l'application. Avant cette période, seul *C. religiosa* a donné une mortalité conséquente. Ainsi dès 6 heures d'exposition, les mortalités enregistrées avec l'application de *C. religiosa* avoisinent les 80% et atteignent 100% dès 12 heures d'application. Durant toute l'exposition, *A. indica* s'est révélé moins efficace que les autres plantes (*S. occidentalis* et *C. religiosa*), par fumigation sur les adultes de *C. maculatus*. *A. indica* et *S. occidentalis* ont montré la même efficacité, qui diffère de celle induite par *C. religiosa* sur les adultes de *C. maculatus* à $p < 0,05$ avec l'impact de D₁ (figure 30).

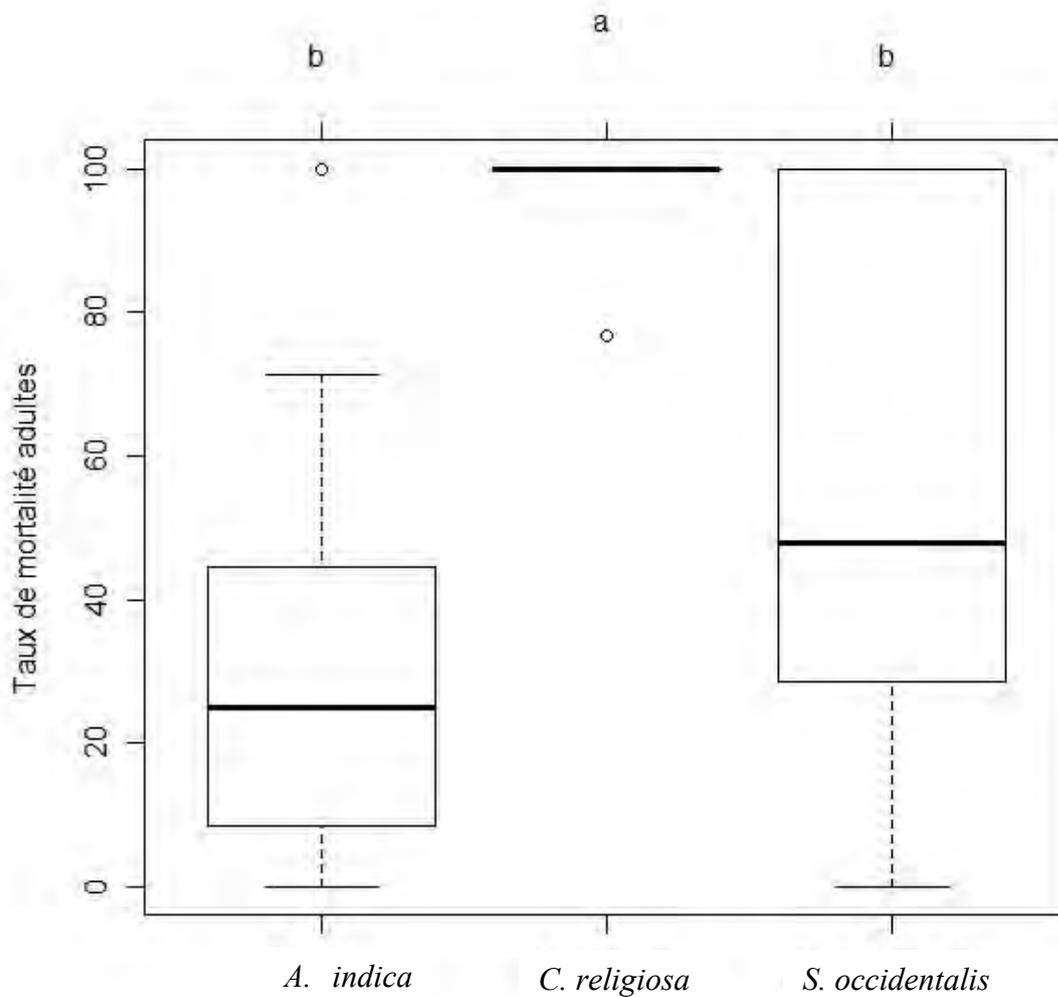


Figure 31 : Comparaison de l'efficacité de la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes sur les adultes de *C. maculatus* avec l'application de la dose D₁

La figure 32 révèle une plus grande efficacité sur les adultes avec *C. religiosa* (100%) par l'application de la dose D₂ (0,00728g/cm³) par fumigation. *C. religiosa* a provoqué 100% de mortalité dès la sixième heure d'exposition alors que les autres plantes, *S. occidentalis* et *A. indica* n'ont entraîné cet effet adulticide que respectivement au sixième et dixième jour de l'application. Il est ainsi visuel que *A. indica* est moins efficace que les autres plantes avec l'application de cette dose (figure 31).

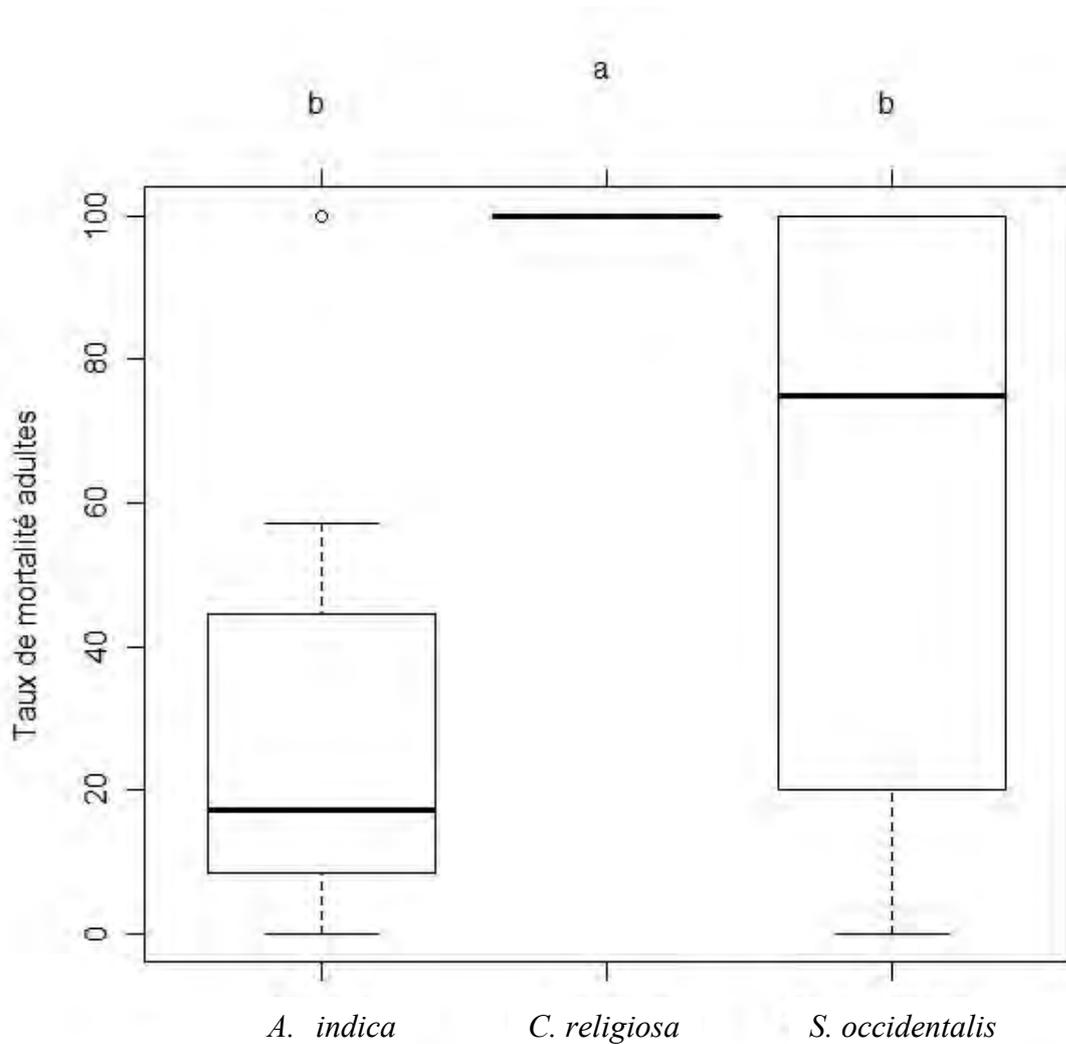


Figure 32 : Comparaison de l'efficacité de la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes sur les adultes de *C. maculatus* avec l'application de la dose D₂

La comparaison des mortalités induites par les différentes plantes sur les adultes de *C. maculatus* avec l'application de la dose D₃ (0,01456g/cm³) met en exergue une efficacité plus importante de *C. religiosa*. La fumigation des feuilles de cette plante ont permis de tuer tous les insectes dès la 6^{ème} heures d'exposition. *A. indica* se révèle aussi comme étant la plante la moins efficace sur ces insectes. Nous observons les 100% de mortalité dès le cinquième jour de l'application avec *S. occidentalis*, alors qu'elles sont observables qu'au dixième jour avec *A. indica*. Globalement, *C. religiosa* et *S. occidentalis* ont les mêmes effets, qui diffèrent de ceux induits par *A. indica* à $p < 0,05$, avec l'application de la dose D₃ (figure 32).

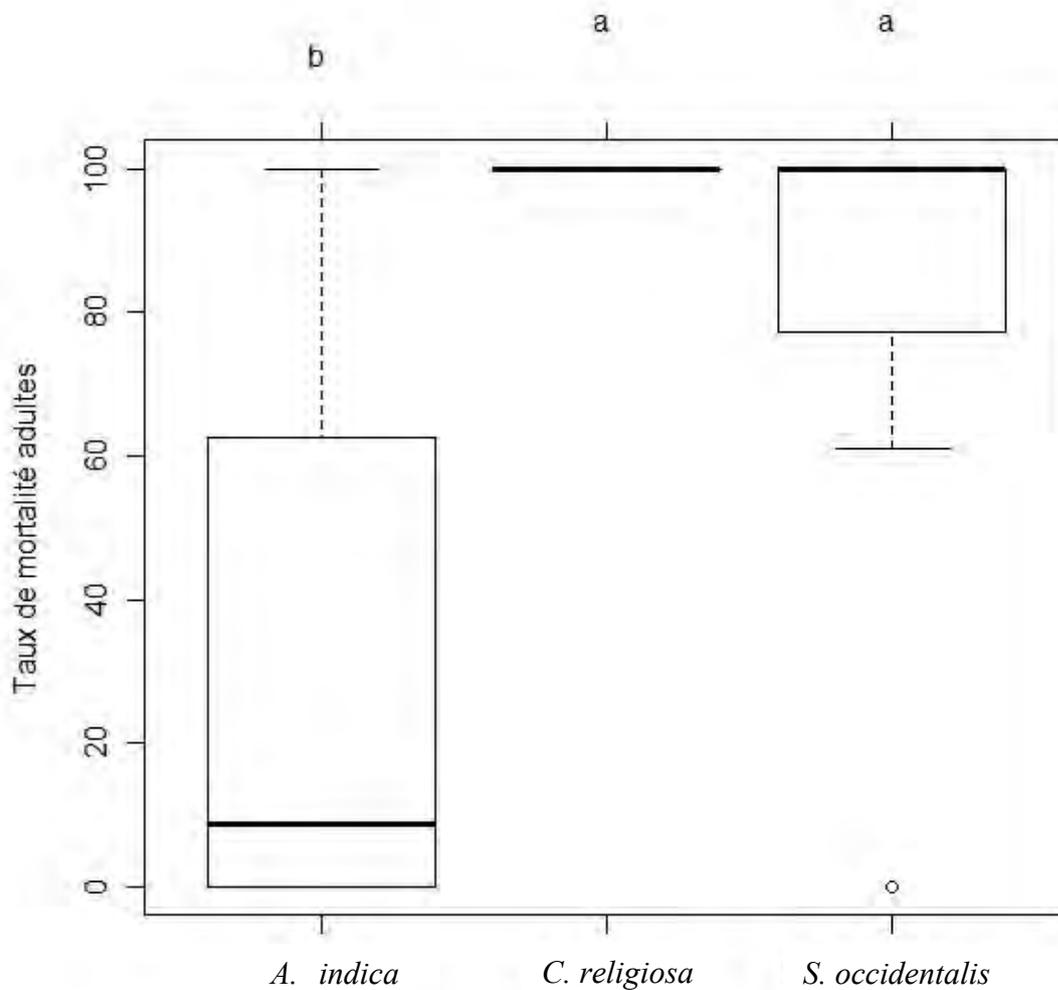


Figure 33 : Comparaison de l'efficacité de la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes sur les adultes de *C. maculatus* avec l'application de la dose D₃

Les mêmes tendances que précédemment sont constatées avec D₄ (0,02912g/cm³). Ici la fumigation des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa* se montre toujours plus efficace sur les adultes de cet insecte que celle des autres plantes. Les 100% de mortalités sont respectivement observées, pour les plantes *C. religiosa*, *S. occidentalis* et *A. indica* à la sixième heure, au cinquième jour et au septième jour de l'exposition (figure 33).

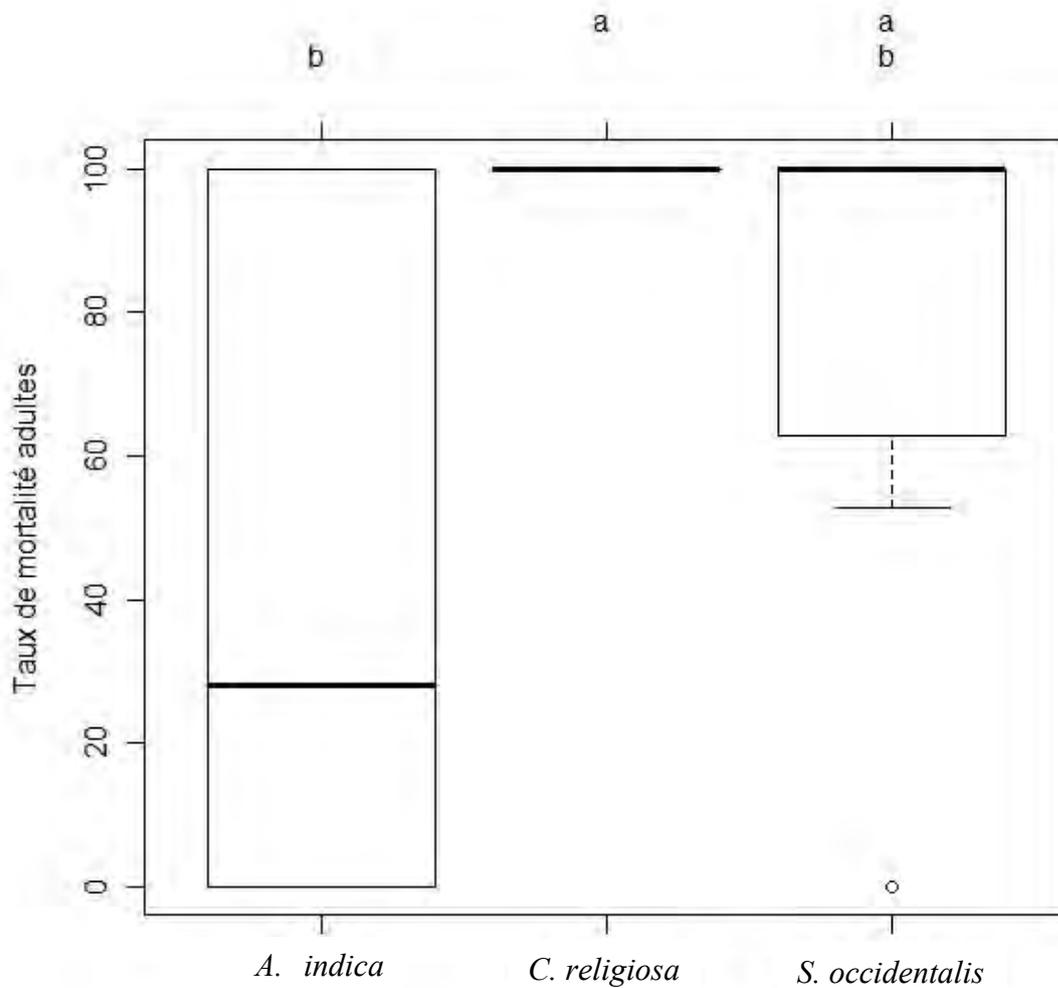


Figure 34 : Comparaison de l'efficacité de la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes sur les adultes de *C. maculatus* avec l'application de la dose D₄

III. Discussion

Au laboratoire, la fumigation de feuilles fraîches broyées de plusieurs plantes (*A. indica*, *S. occidentalis* et *C. religiosa*) a été testée sur les formes externes de *C. maculatus*.

L'action de la fumigation des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa* a donné des résultats très intéressants. Les mortalités observées s'échelonnent respectivement entre 36,94 à 86,49% pour les œufs et de 10,29% à 100% pour les adultes à 6 heures d'exposition avec les doses D₁ (0,00364g/cm³), D₂ (0,00728g/cm³), D₃ (0,01456g/cm³) et D₄ (0,02913g/cm³). Il s'avère ainsi que la fumigation avec cette plante est plus efficace sur les adultes que sur les œufs.

La fumigation avec les feuilles fraîches broyées de *S. occidentalis* se révèle peu efficace sur les œufs de *C. maculatus* avec la plus faible dose, au moment où les doses supérieures se montrent très efficaces avec des mortalités supérieures à 50%. Nous remarquons par ailleurs

que les mortalités observées sont proportionnelles aux doses appliquées. Pour les adultes, la fumigation donne des mortalités différentielles en fonction des doses et étalées dans le temps. Nous constatons ainsi une efficacité plus accrue sur les adultes que sur les œufs.

Le neem se montre très efficace sur les œufs de *C. maculatus* par fumigation, avec des mortalités s'échelonnant entre 32,44% à 95,73% avec l'application de toutes les doses. Son efficacité sur les adultes s'échelonne dans le temps et est fonction des doses appliquées ; avec une plus grande mortalité observable avec la plus forte dose aux derniers jours de l'application.

De toutes ces plantes *C. religiosa* s'est révélé plus actif sur les adultes de cet insecte par fumigation ; alors avec les œufs, c'est *A. indica* qui s'est montré plus efficace.

L'effet fumigant de plusieurs plantes a été mis en évidence par beaucoup d'autres auteurs. Nos travaux ont confirmé ceux de certains scientifiques. C'est ainsi que Kébé (2004) décèle une mortalité de 100% des adultes de *C. serratus* après 24 heures d'exposition avec 1g de fruits broyés de *Boscia senegalensis* tandis que 1 à 2g de feuilles broyées n'indiquent que respectivement 3 et 17% de mortalité de la population exposée. Camara (1997) a eu des résultats très intéressants avec des feuilles broyées de *B. senegalensis* avec la concentration de 1,33g/l sur les adultes de *C. serratus*. Baulard (1999) a obtenu également les mêmes résultats (100% de mortalité) en utilisant 4g/l de feuilles de *B. angustifolia* sur les adultes de *C. maculatus*. Kéita *et al.* (2001) ont obtenu 80% de mortalité des adultes de *C. maculatus* avec l'application de 25 μ l/g de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum* après 12 heures de fumigation. Les études de Ketoh *et al.* (2005) ont révélé des mortalités de 90% des adultes de *C. maculatus*.

L'effet ovicide de la fumigation de certaines plantes a également fait l'objet de plusieurs études. Ketoh *et al.* (2005) affirment que la concentration 33,3 μ l/l de l'huile essentielle extraite chez *Cymbopogon schoenanthus* est très toxique vis-à-vis des œufs et des larves néonates de *C. maculatus*. Tandis que l'extrait acétone de *S. hermontica* utilisé à la dose de 0,5% w/w occasionne un effet ovicide de 48% et donc une réduction de moitié du taux d'adultes émergeant des graines (Kiendrebeogo *et al.*, 2006).

Seck *et al.* (1993) ont déterminé la toxicité des feuilles et des fruits de *B. senegalensis* sur trois coléoptères ravageurs des denrées entreposées. Seck (1994) a mis en évidence l'effet fumigant de l'écorce de, racines de *Securidaca longepedunculata* sur *C. maculatus*, *Sitophilus zeamais* Motsch. et *Tribolium castaneum* Herbst., avec une CL50 qui, selon les espèces s'échelonne de 1,6 à 47,1 g/l. Les CL50 enregistrées sont comprises entre 1 et 4,23g/l pour les feuilles fraîches broyées et de 0,42 à 1,75g/l. Ces mêmes auteurs ont obtenu avec les fruits

73,8% de mortalité pour l'espèce *C. maculatus* contre 8% de mortalité avec les feuilles fraîches broyées pour une même concentration. Tous ces auteurs ont démontré que la molécule bioactive responsable de la mort de ces insectes chez *B. senegalensis* est l'isothiocyanate de méthyl. Cette molécule serait issue de la dégradation enzymatique d'un glucosinolate, le méthyle glucosinolate communément appelée glucocapparine. Ce composé a des effets ovicide, larvicide et adulticide sur les bruches (Auger, 1994) et dont la toxicité a fait l'objet de plusieurs études (Lognay *et al.*, 1993 ; Ducom, 1994 ; Seck *et al.*, 1996). Travaillant sur *C. religiosa*, plante de la même famille que *B. senegalensis*, on pourrait penser qu'elles ont la même molécule bioactive sur les insectes. Quand on compare nos résultats avec ceux de ces auteurs, on observe que les feuilles broyées de *C. religiosa* sont plus efficaces que celles de *B. senegalensis* sur les insectes. Ces différences peuvent être expliquées par une teneur en molécules bioactives plus élevée chez *C. religiosa* que chez *B. senegalensis*. Ces résultats peuvent également nous laisser croire que les molécules bioactives de ces deux plantes sont différentes. Cette hypothèse nous renvoie à chercher ces molécules dans la composition chimique des feuilles de cette plante ou dans les produits de recombinaison ou de dégradation de plusieurs d'entre elles. La toxicité des vapeurs d'HE d'*Aeorus ealamus* sur les œufs de *Callosobruchus chinensis* L a été signalée par Schmidt *et al.* (1991), qui ont indiqué que les HE avaient une action stérilisante sur les œufs. Les huiles essentielles de *Cymbopogon giganteus* et de *Cymbopogon nardus*, testées sur les stades immatures de *C. maculatus* F. et de *C. subinnotatus* Pic. se sont révélées efficaces sur ces derniers (Nyamador *et al.*, 2010). Ces auteurs mettent ainsi en évidence que l'embryogenèse est inhibée à la dose de 10 µL/L avec l'huile de *C. nardus* et à 30 µL/L avec celle de *C. giganteus*, alors que les larves néonates des deux espèces sont tuées avec la dose de 40 µL/L quelle que soit l'huile. Ils montrent par ailleurs que la sensibilité des larves de cet insecte aux huiles essentielles de ces deux plantes est différentielle suivant leur âge. Ainsi les larves âgées de 5 jours sont aussi sensibles que les larves néonates alors que celles âgées de 10 à 15 jours sont plus tolérantes quelle que soit l'huile essentielle testée (Nyamador *et al.*, 2010).

Conclusion

L'impact biocide de la fumigation des feuilles fraîches de trois plantes (*A. inca*, *C. religiosa* et *S. occidentalis*) a fait office d'évaluation dans notre étude. Il ressort de cette évaluation que *C. religiosa* est de loin la plante la plus efficace sur la réduction du nombre de vivants adultes de ce coléoptère, que les autres plantes. Il est également à noter que *S. occidentalis* constitue la plante la moins efficace sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*. Globalement, quelque soit la plante impactée, les effets adulticides sont proportionnels aux doses appliquées. Les œufs de cet insecte sont plus sensibles à *A. indica*, qu'aux autres plantes, alors que *S. occidentalis* s'est montré moins sensible avec l'application des trois plus faibles doses. Par contre avec la plus forte dose, cette plante prend le devant face à *C. religiosa* sur la réduction du nombre d'œufs ayant éclos. Cette formulation se montre très efficace sur les formes externes de ce coléoptère au laboratoire. Cette formulation étant facilement applicable, les paysans pourraient s'en approprier afin de faire face aux insectes ravageurs des stocks de légumineuses ainsi que ceux de céréales. L'extrapolation de l'efficacité de cette formulation sur les systèmes réels de stockage fera office d'évaluation dans nos études ultérieures.

CHAPITRE IV

TESTS DE CONTACT AVEC L'EXTRAIT

AQUEUX

Introduction

L'un des procédés les plus utilisés par les chercheurs pour combattre les ravageurs de denrées stockées, est l'extraction de substances bioactives d'origines végétales. L'application d'extraits obtenus à partir de solvants organiques est la plus pratiquée, alors qu'elle s'annonce difficilement applicable par les paysans. Ceci à cause de la cherté de ces solvants, à leur manipulation délicate, qui demande souvent des précautions à établir, qui peuvent être couramment ignorées par les populations paysannes. Nous nous proposons d'utiliser l'eau du robinet comme solvant car elle est plus accessible et moins onéreuse et aussi manipulable sans danger. Nous avons testé l'extrait aqueux de trois plantes (*S. occidentalis*, *C. religiosa* et *A. indica*), sur les formes externes de *C. maculatus* (œufs et adultes). Nous allons exposer d'abord le matériel utilisé et la méthodologie adoptée. Ensuite, nous présenterons les résultats obtenus sur les œufs et ceux décelables sur les adultes. Nous allons finir cette partie par une présentation d'une discussion.

I. Matériel et méthodes :

Récoltées tôt le matin, les feuilles de ces trois plantes (*S. occidentalis*, *C. religiosa* et *A. indica*) sont séchées sur des claies dans le magasin du laboratoire d'Entomologie et d'Acarologie du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Après séchage, les feuilles sont moulues à l'aide d'un mortier et de son pilon. La poudre obtenue était gardée au laboratoire dans des bocaux en verre et utilisée en cas de besoin.

Nous avons procédé à une extraction solide-liquide dont le solvant utilisé était l'eau du robinet. 200 g de poudre de feuilles ont été extraits par macération dans 1 L d'eau du robinet. Le mélange obtenu était placé au frigo pendant 5 jours pour pallier à son éventuelle fermentation. Au terme de ces 5 jours de macération, la solution obtenue était filtrée à l'aide d'un tamis ménager renforcé par du mousseline. L'extrait aqueux était conservé dans une bouteille d'un litre. Cette dernière était placée au frigo et était utilisée au besoin. Trois solutions de concentrations différentes sont obtenues par la méthode suivante :

$C_1 = 40\text{mL}$ de la solution obtenue avec l'extraction (0,2 g de poudre par cm^3)

$C_2 = 40\text{ mL}$ de C_1 dilués avec 20mL d'eau du robinet (0,13 g de poudre par cm^3)

$C_3 = 40\text{ mL}$ de C_1 dilués avec 40mL d'eau du robinet (0,1 g de poudre par cm^3).

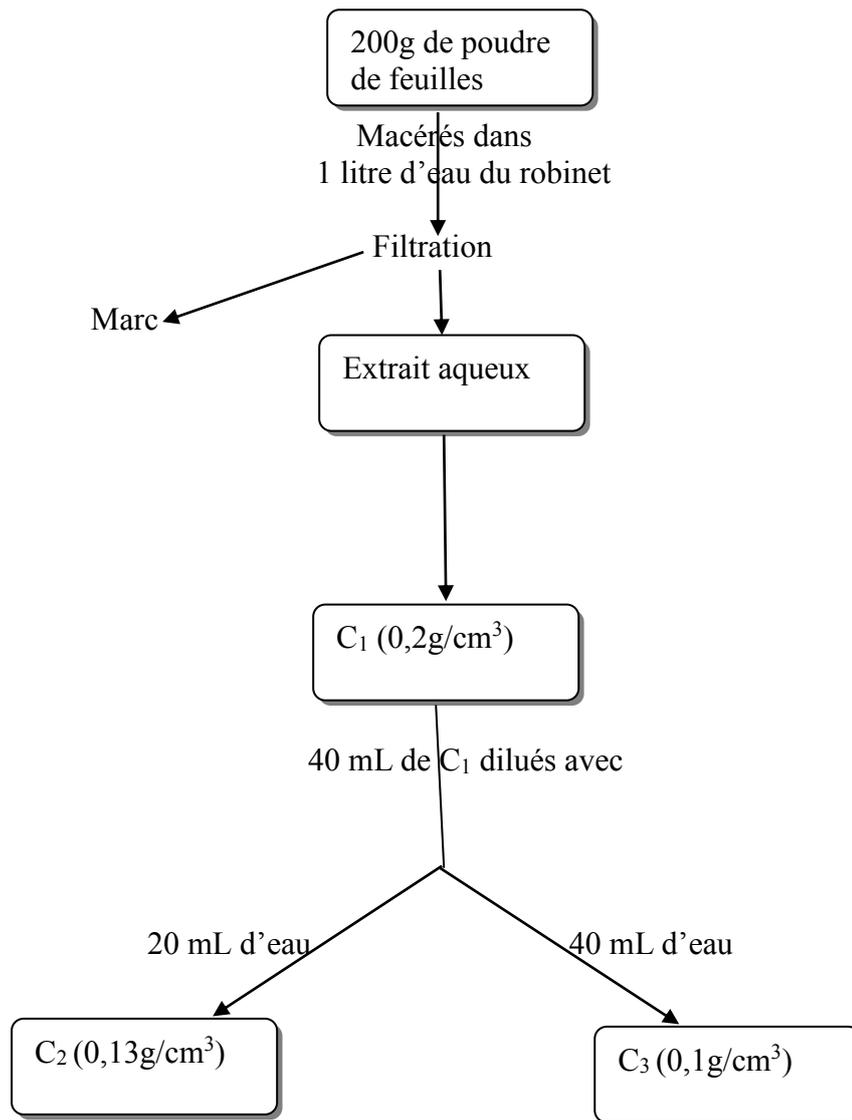


Figure 35 : Schéma du procédé d'extraction des substances biocides des feuilles des trois plantes

Pour l'application biocide, nous disposons de boîte de Pétri munies de papier Wattman et des trois solutions aqueuses de concentrations différentes pour chaque plante.

Les adultes traités proviennent d'élevage de masse réalisé au laboratoire dans des bocaux en verre ; ils sont âgés au plus de 72 heures. Dans chaque boîte de Pétri, on y place du papier Wattman. Avec une micropipette, 1 ml de solution préparée est étalée de manière homogène sur le papier Wattman et 12 adultes y sont déposés. Trois répétitions et deux témoins (témoin blanc et témoin solvant) étaient effectuées pour chaque concentration d'extrait donné. Dans le témoin solvant, nous avons étalé 1ml d'eau de robinet sur le papier Wattman et y avoir déposé

12 adultes. Quant au témoin blanc, nous y avons mis directement les adultes de bruches sur le papier Wattman. Les morts étaient comptabilisés quotidiennement. Le taux de mortalité des adultes était calculé et corrigé ensuite avec la formule d'Abbott. Les résultats sont exploités sous forme de tableaux et de graphiques et des tests ANOVA nous ont permis de faire des comparaisons.

Des adultes âgés de 48 heures et provenant de l'élevage de masse étaient mis à pondre sur des graines de niébé saines. Les graines étaient mises en contact des couples de *C. maculatus* ; 24 heures après le contact, nous avons retiré les adultes des graines et ces dernières étaient observées à la loupe monoculaire pour voir les œufs qui y étaient déposés. Si une graine recevait plus d'un œuf, un seul était laissé et les autres étaient décollés à l'aide d'une pince souple. Les graines étaient ensuite aspergées avec une micropipette de 1ml de solution de chaque concentration donnée par lot de 12 graines contenant chacune un œuf. Trois répétitions et deux témoins (témoin blanc et témoin solvant) étaient faits pour chaque concentration. Pour le témoin solvant, nous avons aspergé les graines avec le solvant (eau), par contre pour le témoin blanc, les graines ne sont pas traitées.

Les résultats sont présentés tels que ceux adulticides.



Figure 36 : Procédé des tests biocides avec l'extrait aqueux

II. Résultats

II.1. Mortalité des œufs

II.1.1. Effet ovicide des différentes plantes

L'observation des résultats sur le taux d'éclosion montre que moins de 50 % des œufs de *C. maculatus* sont éclos. Cette action ovicide est valable pour toutes les concentrations de l'extrait aqueux de poudre de *C. religiosa* appliquées sur les œufs de *C. maculatus*. La concentration la plus forte (C_1) donne 50,02 % de mortalité embryonnaire alors que la plus faible concentration (C_3) en donne 57,7 %. On constate alors une mortalité des œufs plus

importante avec la plus petite concentration (C₃). Les mortalités induites par les trois concentrations sont statistiquement égales ($p < 0.05$) (Tableau 15).

Tableau 15 : Pourcentage de mortalité corrigé des œufs pour les tests avec l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de *C. religiosa*. Les valeurs suivies en exposant de la même lettre alphabétique sont statistiquement égales.

Concentrations (g/cm ³)	Mortalité corrigée des d œufs (%)
C1 (0,2 g/cm ³)	50,02 ^a
C2 (0,13 g/cm ³)	53,86 ^a
C3 (0,1 g/cm ³)	57,70 ^a

L'extrait aqueux de la poudre de feuilles de *S. occidentalis* donne un pourcentage de mortalité des œufs inférieur à 50% avec l'application de toutes les concentrations. La plus grande mortalité est induite par la concentration C₂ avec 44,83%. Les autres concentrations, C₁ et C₃ donnent respectivement 24,14% et 8% de mortalité. Nous remarquons ainsi une efficacité différentielle des trois concentrations sur les œufs de *C. maculatus*. L'analyse statistique révèle deux groupes d'efficacité montrant ainsi une efficacité significative avec les deux premières concentrations (C₁ et C₂) et une efficacité non significative avec C₃ (Tableau 16).

Tableau 16 : Pourcentage de mortalité corrigé des œufs pour les tests avec l'extrait aqueux de la poudre de feuilles *S. occidentalis*. Les valeurs suivies en exposant de la même lettre alphabétique sont statistiquement égales.

Concentrations (g/cm ³)	Mortalité corrigée des d œufs (%)
C1 (0,2 g/cm ³)	24,14 ^a
C2 (0,13 g/cm ³)	44,83 ^a
C3 (0,1 g/cm ³)	8 ^b

Le tableau 17 révèle une efficacité plus accrue de la concentration C₂ sur les œufs de *C. maculatus*, avec 74,99% de mortalités. Les autres concentrations, C₁ et C₃ montrent respectivement des pourcentages de mortalité de 43,99% et de 45,02%. Seule la concentration

C₂ a donné des mortalités supérieures à 50%. Nous observons ainsi deux lots de données statistiquement significatives et différentes à $p < 0,05$ (Tableau 17).

Tableau 17 : Mortalité corrigée des œufs pour les tests avec l'extrait aqueux de la poudre de feuilles d'*A. indica*. Les valeurs suivies en exposant de la même lettre alphabétique sont statistiquement égales.

Concentrations (g/cm ³)	Mortalité corrigée des d œufs (%)
C1 (0,2 g/cm ³)	43,99 ^a
C2 (0,13 g/cm ³)	74,99 ^b
C3 (0,1 g/cm ³)	45,02 ^a

II.1.2. Comparaison de l'effet ovicide

La figure 36 renseigne sur la comparaison des effets ovocides induits par les différentes plantes suivant les concentrations. Avec l'application de la concentration C₁, elle montre que *C. religiosa* est plus efficace que les autres plantes (*S. occidentalis* et *A. indica*). *A. indica* révèle une plus grande efficacité avec la concentration C₂ en provoquant plus de mortalités que les autres plantes. La concentration C₃ a donné les mêmes constats que C₁, révélant donc une activité ovicide plus intéressante de *C. religiosa*, comparée aux autres plantes. En outre, nous remarquons que *S. occidentalis* a eu la plus faible efficacité ovicide quelle que soit la concentration appliquée. Il s'observe aussi que la concentration C₂ est plus efficace que les autres concentrations quelle que soit la plante utilisée. L'analyse statistique a révélé une différence de mortalité hautement significative observée en fonction de la concentration appliquée ($p < 0,0001$) (figure 36).

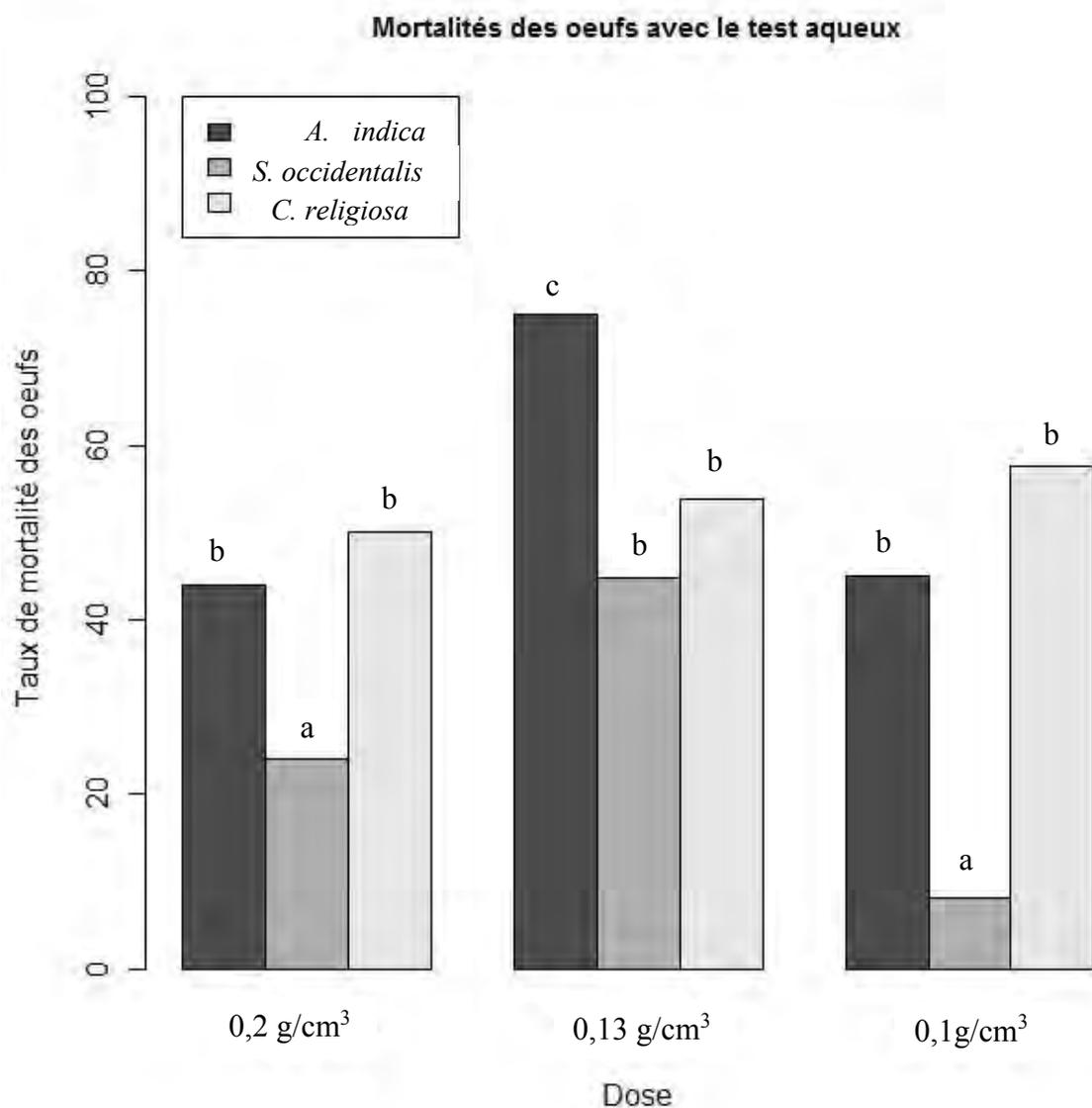


Figure 36 : Comparaison de la mortalité des œufs traités avec l'extrait aqueux des différentes plantes en fonction des concentrations

II.2. Mortalité des adultes

II.2.1. Effet adulticide de l'extrait aqueux des différentes plantes

L'extrait aqueux appliqué aux adultes de forme voilière a donné des mortalités dès le premier jour d'application suivant toutes les concentrations avec respectivement 13,83%, 10,53% et 27,59% de mortalité pour les concentrations C₁, C₂ et C₃. Cette tendance de mortalité se poursuit au deuxième jour mais les tendances se sont inversées dès le troisième jour d'application. La concentration la plus forte a donné 100% de mortalité dès le septième jour d'application, au moment où C₂ et C₃ montrent respectivement 82,35% et 76,53% de

mortalité. Ces dernières révèlent respectivement 100% de mortalité aux 14^{ème} et 15^{ème} jours d'application (figure 37).

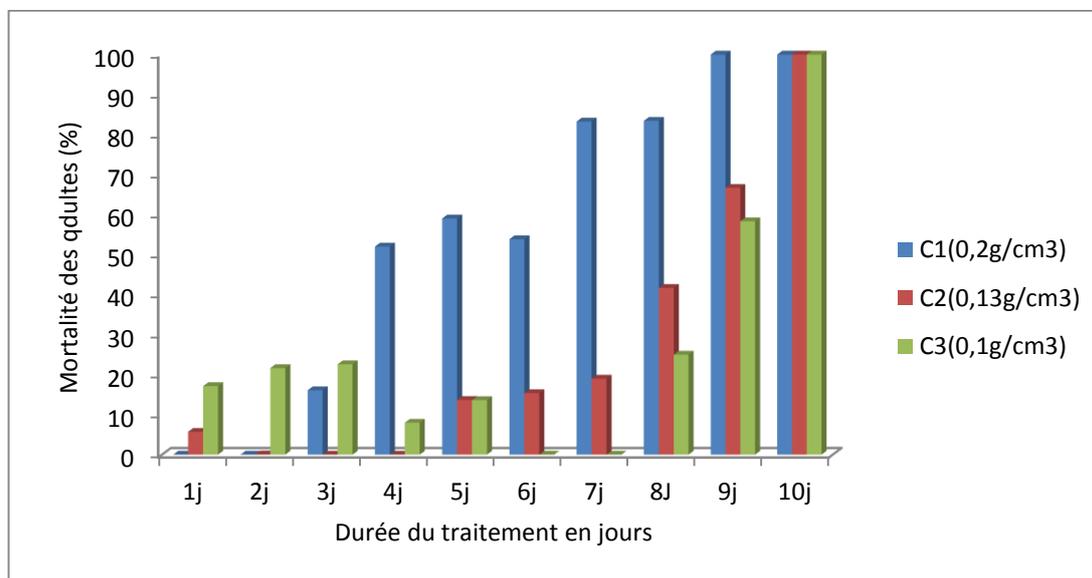


Figure 38 : Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de *C. maculatus* induit par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de *C. religiosa*

L'efficacité de l'extrait aqueux n'est perceptible qu'au quatrième jour d'application, avec des mortalités proportionnelles aux concentrations. Cette tendance s'est inversée dès le 5^{ème} jour et ne va réapparaître qu'au 7^{ème} jour. Au 10^{ème} jour les concentrations C₁, C₂ et C₃ donnent respectivement des mortalités de 87,25%, pour les deux premières concentrations et 74,87% (figure 38).

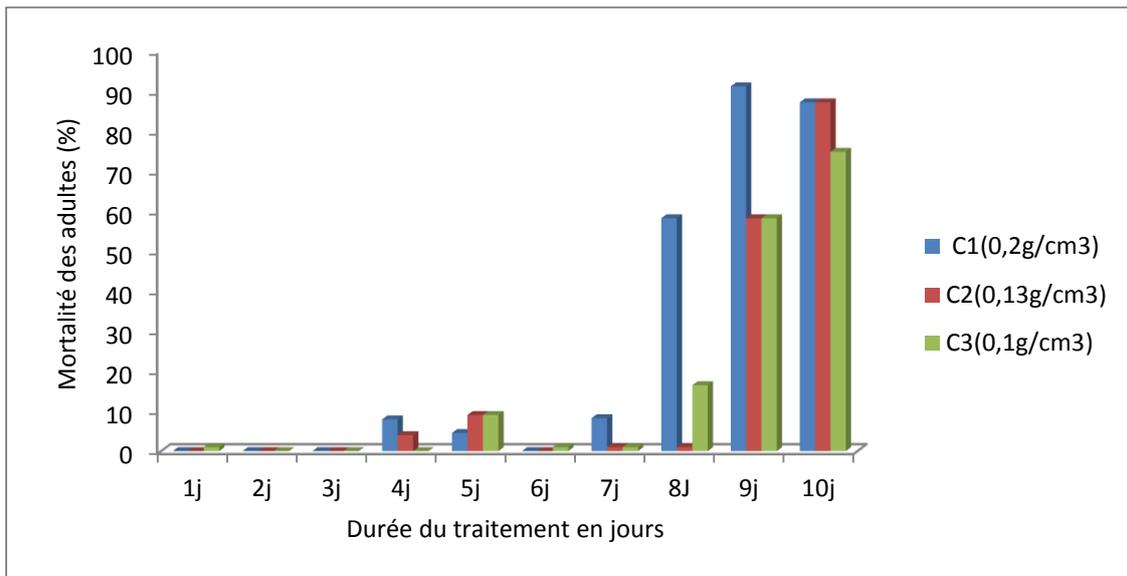


Figure 39 : Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de *C. maculatus* induit par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de *S. occidentalis*.

La figure 39 met en exergue une efficacité très disproportionnée de l'extrait aqueux de la poudre de feuilles *A. indica* sur les adultes de *C. maculatus*. Ainsi, jusqu'au deuxième jour d'application, la concentration C₂ a donné la plus grande mortalité. Cette tendance se renverse dès le troisième jour des tests avec des effets plus conséquents que les autres concentrations (C₁ et C₃). Du quatrième au sixième jour, l'efficacité de l'application de ces concentrations sur les adultes de *C. maculatus* diminue proportionnellement suivant les concentrations. La plus faible concentration se révèle plus efficace que les autres entre le sixième et le dixième jour, avec une plus grande efficacité aux huitième et neuvième jours de l'application (58,33%). Par contre, aux onzième et douzième jours, seule C₂ s'est montrée efficace sur les adultes de *C. maculatus*. Les derniers jours de l'application sont caractérisés par une efficacité proportionnelle à la valeur des concentrations. Les 100% de mortalités sont observables au quinzième jour de l'application pour toutes les concentrations (figure 39).

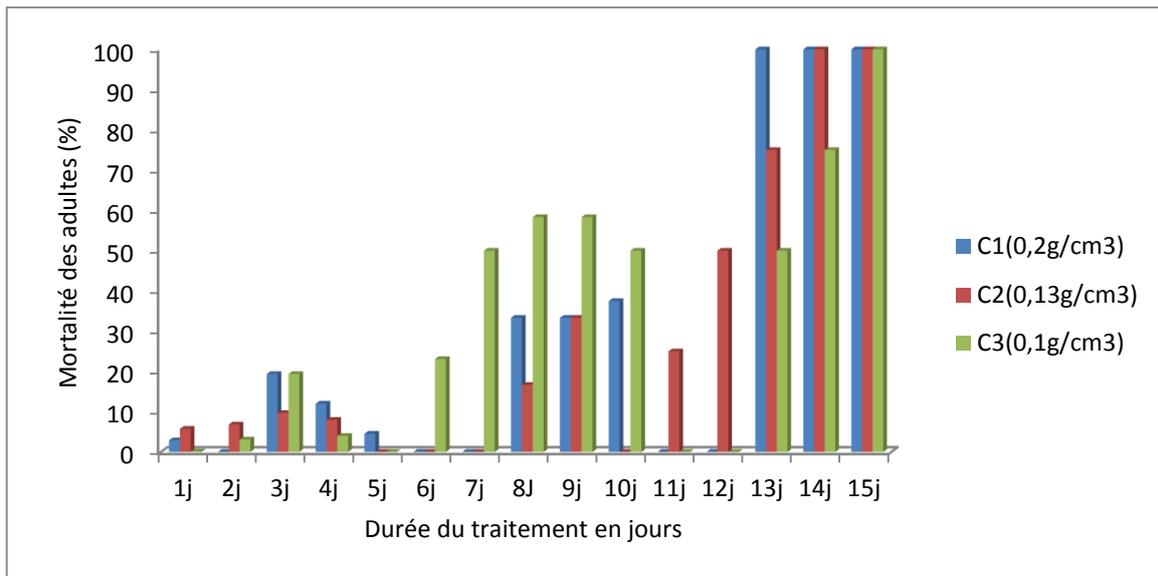


Figure 40 : Pourcentage de mortalité corrigée des adultes de *C. maculatus* induit par l'extrait aqueux de la poudre de feuilles d'*A. indica*

II.2.2. Comparaison de l'effet adulticide de l'extrait aqueux des différentes plantes par dose

La comparaison de la mortalité induite par C₁ (Figure 36) avec l'application de toutes les plantes a montré presque le même impact durant les deux premiers jours de l'expérimentation. Dès le troisième jour d'exposition, *C. religiosa* s'est révélé plus efficace que les plantes, alors que *S. occidentalis* se montre moins efficace sur les adultes que *A. indica* et *C. religiosa*. Cette tendance s'inverse dès le septième jour de l'application avec une plus faible mortalité enregistrée avec *A. indica*. Nous notons ainsi qu'avec la concentration C₁, *C. religiosa* est la plante la plus efficace sur les adultes de *C. maculatus*. Sur le plan statistique, les effets produits par *S. occidentalis* sont les mêmes que ceux induits par les autres plantes ; alors que celles-ci présentent des effets adulticides différents à $p < 0,05$ (figure 40).

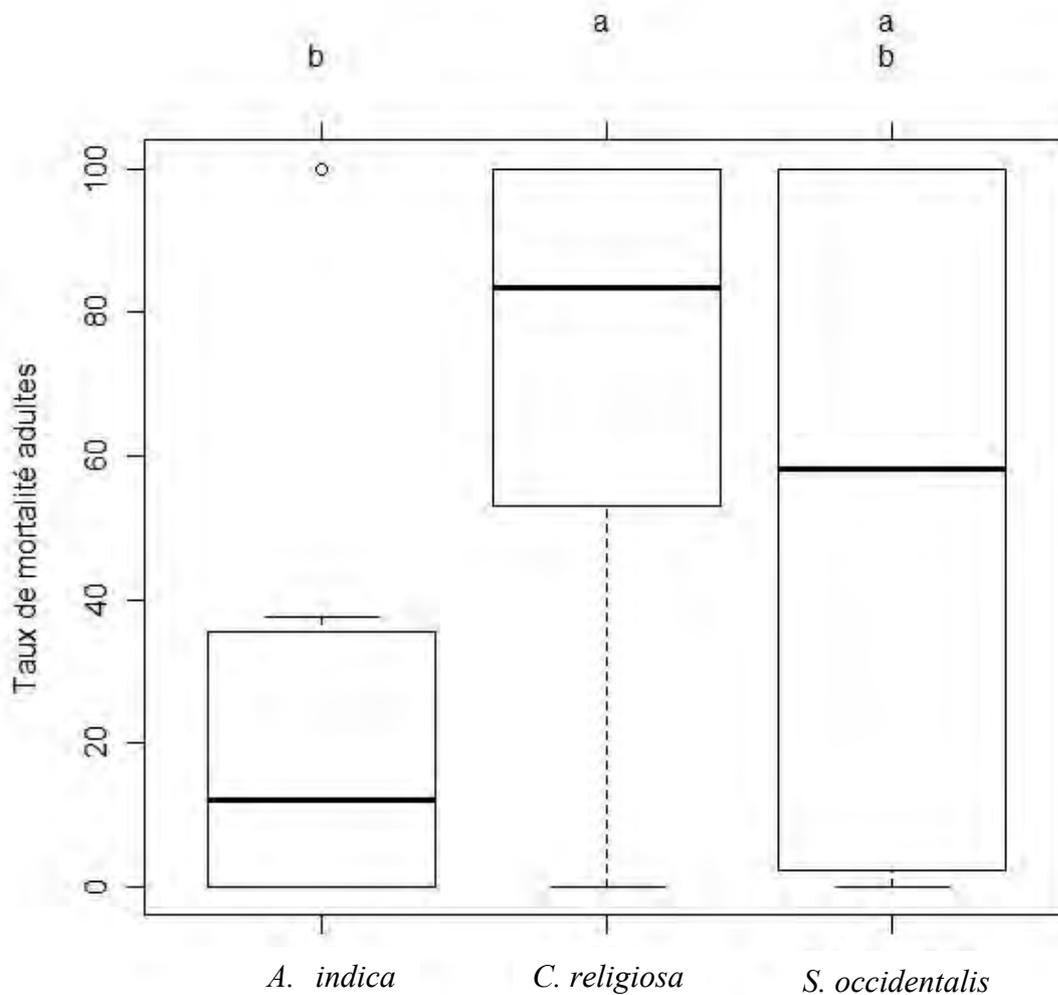


Figure 41 : Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose C_1 ($0,2g/cm^3$)

La figure 41 montre une efficacité différentielle de l'application des trois plantes sur les adultes de *C. maculatus* avec la concentration C_2 ($0,13g/cm^3$). *A. indica* se montre ainsi plus toxique que les autres plantes du premier au quatrième jour de l'expérimentation. Nous notons une inversion d'allure de mortalité dès le sixième jour d'exposition, avec une plus grande toxicité induite par *C. religiosa*. Ce constat persiste jusqu'à la fin de l'expérimentation. Il s'avère ainsi que *S. occidentalis* est moins efficace que les autres plantes. Les analyses d'ANOVA ont montré que ces plantes ont montré les mêmes effets sur la mortalité des adultes de *C. maculatus* avec C_2 à $p < 0,05$ (figure 41).

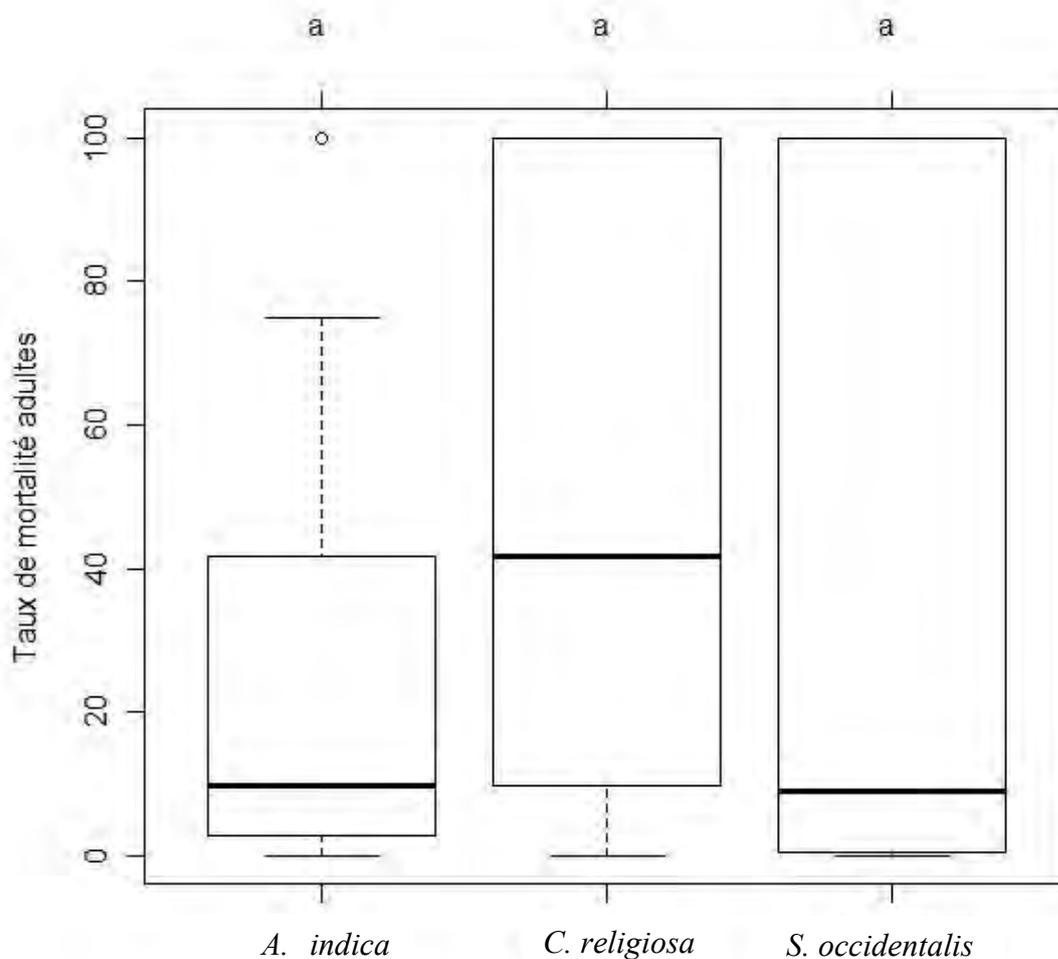


Figure 42 : Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose C_2 ($0,13\text{g/cm}^3$)

Avec la concentration C_3 , *C. religiosa* a montré la plus grande mortalité sur les adultes du premier au cinquième jour de l'application. Durant cette période, la plus grande mortalité est observée au troisième jour de contact. Nous remarquons une toxicité plus élevée de *A. indica* sur les adultes de cet insecte, comparée aux autres plantes, du sixième au huitième jour des tests. Le neuvième jour de l'application est caractérisé par une égalité de toxicité pour ces différentes plantes, alors que le dixième jour marque une plus grande efficacité de *C. religiosa* sur les adultes de *C. maculatus*. Globalement, C_3 montre que *S. occidentalis* est moins toxique que les autres plantes (*A. indica* et *C. religiosa*) sur les adultes de *C. maculatus*. Globalement ces plantes ont donné des effets similaires sur les adultes de cet insecte à $p < 0,05$ avec l'impact de la concentration C_3 (figure 42).

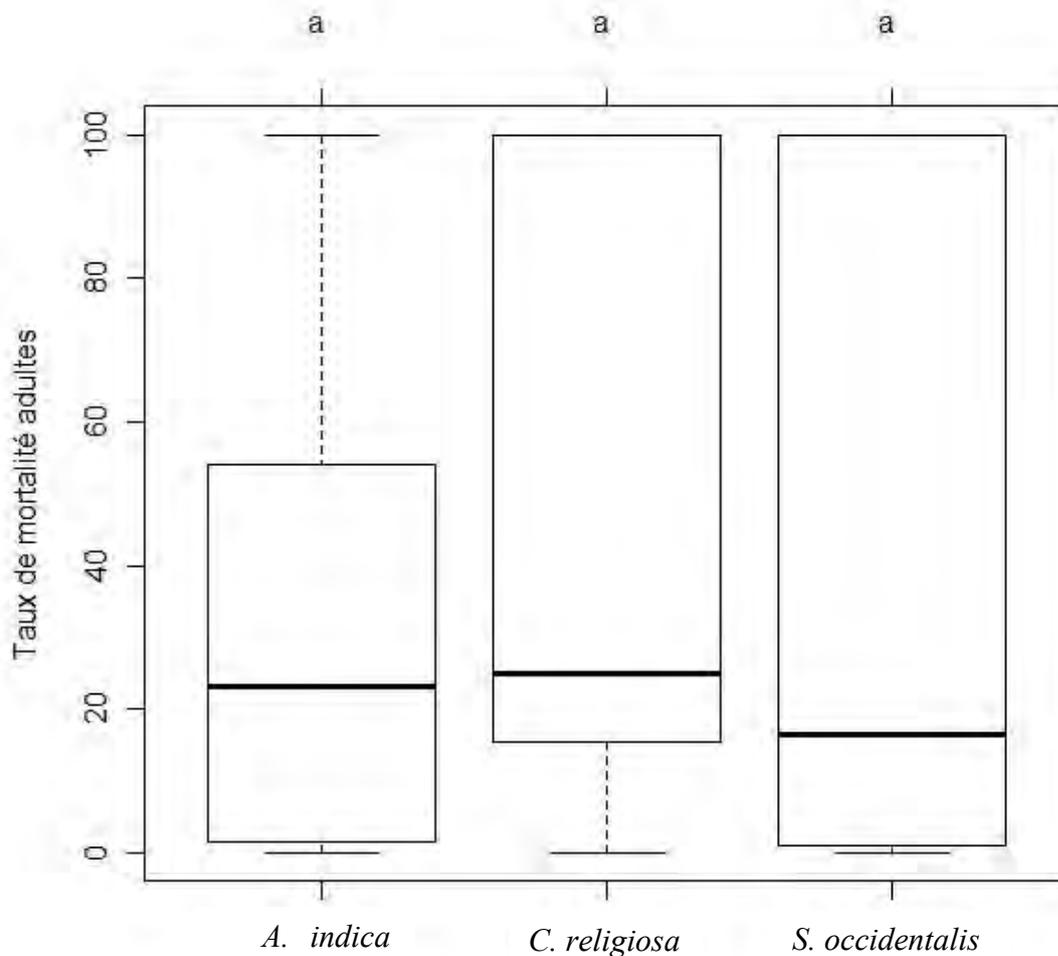


Figure 43 : Comparaison de l'efficacité adulticide induite par la fumigation des feuilles fraîches broyées des trois plantes avec l'application de la dose C₃ (0,1g/cm³)

III. Discussion

L'efficacité de l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de plusieurs plantes (*A. indica*, *S. occidentalis* et *C. religiosa*) a été testée au laboratoire sur les formes externes de *C. maculatus*. Globalement, nous remarquons que quelle que soit la plante utilisée, les mortalités induites sont disproportionnelles aux concentrations appliquées. Ainsi, toutes les plantes ont donné la grande mortalité avec l'application de la concentration C₂ sur les œufs, sauf *C. religiosa*. Nous notons également une plus grande mortalité des œufs avec cette même concentration, avec l'application de l'extrait aqueux de la poudre de feuilles d'*A. indica* (74,99%). Nous enregistrons aussi que toutes les plantes à l'exception *S. occidentalis* (44,83%) ont donné des mortalités supérieures à 50% avec toujours l'application de C₂. Sur les adultes de *C. maculatus*, nous notons une efficacité de l'extrait aqueux par macération de poudre de feuilles

de *C. religiosa*, plus importante que celles des autres plantes (*A. indica* et *S. occidentalis*). L'extrait de *S. occidentalis* s'est ainsi révélé moins efficace sur les adultes de *C. maculatus*. Des mortalités conséquentes induites par cette plante ne sont perceptibles qu'au 10^{ème} jour de l'application. . A cet effet, les deux plus fortes concentrations (C₁ et C₂) donnent toutes des mortalités de 87,25%, alors que la plus faible concentration (C₃) révèle des mortalités ne dépassant pas 74,87%. %.

L'efficacité moindre observée avec l'extrait aqueux serait liée à la polarité du solvant utilisé. Dans cette mouvance d'utilisation de substances biocides d'origine végétale, plusieurs études ont révélé des effets notoires sur les insectes. C'est ainsi que Jayakumar (2010) obtient une réduction maximale de l'émergence des adultes de la bruche du niébé avec l'extraction aqueuse des plantes suivantes, *Percularia daemia* (91.25%), *Cassia siamia* (82.08%) et *Acorus calamus* (80.69%), appliquée sur les graines de niébé. Ketoh *et al.* (1998) décèlent une élimination supérieure ou égale à 70% des œufs frais de *C. maculatus* à faible concentration d'huiles essentielles de *C. schoenanthus* qui détiennent un taux important de pipéritone. L'activité ovicide des huiles essentielles s'explique par leur pouvoir pénétrant ou par la toxicité directe de leurs composants (Don Pedro, 1989). Thiaw *et al.* (2007) ont mis en exergue des mortalités de 66,67% et de 50% des adultes de *C. serratus*, respectivement avec des extraits étheré et chloroformique ; montrant ainsi une efficacité plus conséquente sur les adultes que sur les œufs. Leurs résultats sont ainsi en adéquations avec les nôtres. Les agents bioactifs contenus dans les poudres de feuilles de plantes sont les flavonoïdes, les stéroïdes et les anthraquinones décelés dans leurs extraits (Abdulahi, 2011). Abdulahi (2011) fait part d'une mortalité de 100% des adultes de *C. maculatus* avec le mélange de poudre de feuilles de *Cassia occidentalis* et de *Vittallaria paradoxa* avec des concentrations de 7,5 et de 10%w/w en 24heures de traitement. . L'activité biologique de *C. occidentalis* sur *C. maculatus* a été également mise en évidence par Lienard *et al.* (1993) ; les feuilles, les graines et l'huile essentielle de cette plante se révèlent ainsi très efficace pour le contrôle de cet insecte. L'huile extraite des graines de *C. occidentalis*, appliquée à la concentration de 10 ml/Kg de niébé, induit des effets ovicides et larvicides sur *C. maculatus* (Seck, 1994).

Il est également à noter que les mortalités embryonnaires sont moins importantes avec la plus forte concentration qu'avec la concentration immédiatement supérieure quelle que soit la plante appliquée. Nos résultats confirment ainsi les études faites par Guèye (2004) sur les œufs de *C. serratus* avec des extraits méthanoliques de *A. indica*. D'autres auteurs, travaillant avec des solvants apolaires ont remarqué des effets ovicides variant dans le même sens que les concentrations utilisées. C'est ainsi que Kiendrebeogo *et al.* (2006), travaillant sur des extraits

de *Striga hermontica* à base d'acétone et d'éther de pétrole, ont observé des effets ovicides plus importants avec l'éther de pétrole qu'avec l'acétone sur les œufs de *C. maculatus* ; mais toujours est-il que les mortalités décroissent avec les concentrations pour les deux extraits. Thiaw (2004) et Kébé (2004) ont obtenu chacun 100% de mortalité sur les adultes de *C. serratus* avec des extraits méthanoliques respectivement de *Calotropis procera* et de *B. senegalensis* avec la concentration de 0,1g/l en 24 heures d'application.

Odeyemi et Ashamo (2005), ont enregistré une émergence d'adultes issus d'œufs traités avec des extraits éthérés de feuilles et de graines de neem, significativement réduite à $p < 0,05$ ($72.2\% \pm 4.83$). Ils ont, par ailleurs, révélé des mortalités des adultes et larvaires de *Trogoderma granarium* de $60 \pm 2.24 \%$ et de $55.08 \pm 3.62 \%$ respectivement avec l'application de l'extrait à base de feuilles et à base de graines. Des chercheurs comme Wahedi *et al.* (2013) ont évalué l'efficacité de la poudre de graines ainsi que l'extrait aqueux et les huiles essentielles de *A. indica* sur les adultes de *C. maculatus*. Il ressort de leur étude que l'huile essentielle des graines de neem ainsi que leur extrait aqueux présentent une toxicité très encourageante vis-à-vis de *C. maculatus*. Plusieurs auteurs attribuent la toxicité des produits de *A. indica*, à l'azadirachtine, composé extrait des différents organes de la plante ; mais plus concentré dans ces graines. C'est ainsi que Boadu *et al.* (2011), cherchent la toxicité du neem sur les insectes sur l'azadirachtine contenue dans ses feuilles. Gauvin *et al.* (2003) ont montré que cette toxicité n'est pas seulement liée à l'action de l'azadirachtine ; mais plutôt au concours de plusieurs autres substances actives contenues dans l'extrait de neem.

Conclusion

L'extrait aqueux de la poudre de feuilles de trois plantes indigènes du Sénégal a été testé au laboratoire sur les formes externes de *C. maculatus*. Aux 5 premiers jours des tests, *C. religiosa* se révèle plus efficace sur les adultes de cet insecte que les autres plantes (*A. indica* et *S. occidentalis*), quelle que soit la concentration appliquée. Par contre aux sixième et septième jours des tests, *A. indica* prend le devant avec l'impact de la plus faible concentration (C₃), alors que la poursuite des tests a confirmé l'efficacité accrue de *C. religiosa* sur les adultes de ce coléoptère. Nous notons par ailleurs que l'efficacité des concentrations est différentielle suivant les plantes appliquées. Sur les œufs, *C. religiosa* se montre plus efficace que les autres plantes avec l'impact des plus forte et faible concentrations. Par contre, avec C₂, *A. indica* a présenté la plus grande efficacité sur cette forme de *C. maculatus*.

L'analyse de nos résultats laisse croire que le concours de ces trois plantes constituerait un remède efficace à l'utilisation des insecticides de synthèse, dans la lutte contre les ravageurs des denrées entreposées.

CHAPITRE V

**DÉTERMINATION DE QUELQUES PARAMÈTRES
BIOLOGIQUES DE *C. MACULATUS* SOUS L'IMPACT DE
L'EXTRAIT AQUEUX DE LA POUDRE DE CERTAINES
PLANTES (*C. RELIGIOSA*, *S. OCCIDENTALIS* ET *A.
INDICA*)**

Introduction

Les régions tropicales du monde constituent le fief du niébé *V. unguiculata*, légumineuse très convoitée par les autochtones de ces régions. Son importance alimentaire profite aux paysans des régions tropicales et subtropicales de la planète. Les graines de cette plante sont souvent vulnérables à l'attaque de certains insectes tels que *C. maculatus*. La femelle de ce dernier dépose, de préférence, ses œufs sur le tégument des graines du niébé. Ce phénomène n'est pas sans conséquence car les larves issues de ces œufs, après éclosion, perforent le tégument de ces graines et pénètrent dans le cotylédon de ces graines et s'y développent, provoquant ainsi une atteinte grave à la disponibilité de graines saines à la consommation pour les populations de ces régions. Dans le souci de parer à ce phénomène, nous nous proposons d'évaluer l'effet de l'application de l'extrait aqueux de la poudre de feuilles de certaines plantes (*C. religiosa*, *S. occidentalis* et *A. indica*), sur quelques paramètres biologiques de *C. maculatus*. Il sera d'abord question de mettre en exergue le sex-ratio avant d'exposer sur la dissuasion de l'oviposition. Après, nous parlerons du nombre d'œufs pondus par femelle de cet insecte ainsi que du taux d'émergence des adultes de *C. maculatus*.

I. Matériel et méthodes

La détermination de ces paramètres biologiques est effectuée par l'exploitation d'une série d'expériences. Après les tests ovicides avec les extraits aqueux de la poudre des différentes plantes utilisées (*C. religiosa*, *S. occidentalis* et *A. indica*), les adultes rescapés, émergeant des œufs traités, étaient mis par couple dans des boîtes de Pétri numérotées, contenant des graines de niébé saines (ainsi l'accouplement entre mâle et femelle est effectué). Dans un premier temps, il s'agissait de mettre 10 couples rescapés de *C. maculatus* dans des boîtes de Pétri contenant 10 graines de niébé chacune, à l'ordre d'un couple par boîte. Les graines étaient renouvelées tous les jours et celles remplacées (infestées) étaient mises dans des boîtes de Pétri portant le jour de ponte. Il faut, toutefois, signaler que les conditions (absence d'eau et de nourriture) étaient appliquées à ces jeunes adultes émergents. L'expérience était poursuivie jusqu'à la mort du couple rescapé. Ce qui permettait d'évaluer la fécondité des femelles. Pour vérifier l'impact du traitement avec les extraits de plantes, nous avons mené la même série d'expériences avec des adultes provenant d'œufs non traités (témoins).

Aussitôt après le remplacement effectué, nous avons procédé à un décompte des œufs pondus sur les graines remplacées, par les femelles de chaque couple. A l'issu de cette expérience, les paramètres suivants ont été explorés :

► **Le sex-ratio (R)** qui donne le pourcentage des femelles comparativement à l'ensemble des descendants. Le sexage est fait par l'observation du dernier tergite abdominal qui est incurvé chez le mâle et allongé chez la femelle. Si la sex-ratio est supérieur a 50% alors le sex-ratio est en faveur des femelles, dans le cas contraire, il est en faveur des mâles. Elle est déterminée par la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Nombre de femelles émergées}}{\text{Nombre total d'individus émergés}} * 100$$

► **La dissuasion de l'oviposition (DO)** est déterminée par la formule appliquée par Ravinder Singh (2011) :

$$DO = \frac{N_t - N_r}{N_t} * 100$$

DO = dissuasion de l'oviposition ; N_r = nombre d'œufs pondus par les adultes rescapés ; N_t = nombre d'œufs pondus par les adultes témoins

► **Le taux d'émergence (TE)**: Il est déterminé en établissant le rapport entre le nombre total d'adultes émergés et le nombre total d'œufs pondus :

$$TE = \frac{\text{Nombre d'adultes émergés}}{\text{nombre total d'œufs pondus}} * 100$$

► **Le nombre d'œufs pondus par femelles (N)** qui correspond au nombre total d'œufs pondus par femelle durant toute sa durée de vie :

$$N = \frac{\text{Nombre total d'œufs pondus par femelles rescapées}}{\text{Nombre total de femelles}}$$

II. Résultats

II.1. Le sex-ratio

L'analyse de la figure 43 met en évidence l'effet des différentes plantes sur la nature du sexe des adultes rescapés issus des tests ovicides avec l'application de toutes les concentrations. Il s'avère que le sex-ratio est en faveur des femelles de *C. maculatus* avec l'application du neem pour toutes les concentrations. Nous remarquons que cette faveur s'atténue avec la diminution de la concentration. C'est ainsi que la plus forte concentration donne un pourcentage de sex-ratio de 70% au moment où les autres concentrations donnent respectivement 60% (C_2) et 53,85% (C_3) de sex-ratio. *C. religiosa* et *S. occidentalis* ont tous induit un sex-ratio départagé (50%) entre les mâles et les femelles avec l'application de la concentration C_1 . Le sex-ratio

est en faveur des mâles du bruche du niébé avec l'impact de *C. religiosa* par l'application de la concentration C₂. C'est seulement avec C₃ que *C. religiosa* a donné un plus important sex-ratio que celui donné par les autres plantes en faveur des femelles de l'insecte. Seul, *A. indica*, a donné avec C₁ (70%), un sex-ratio plus importante que celui donné par les témoins (60%) en faveur des femelles. Le sex ratio a révélé une différence non significative pour toutes les concentrations avec l'application des différentes plantes (figure 43).

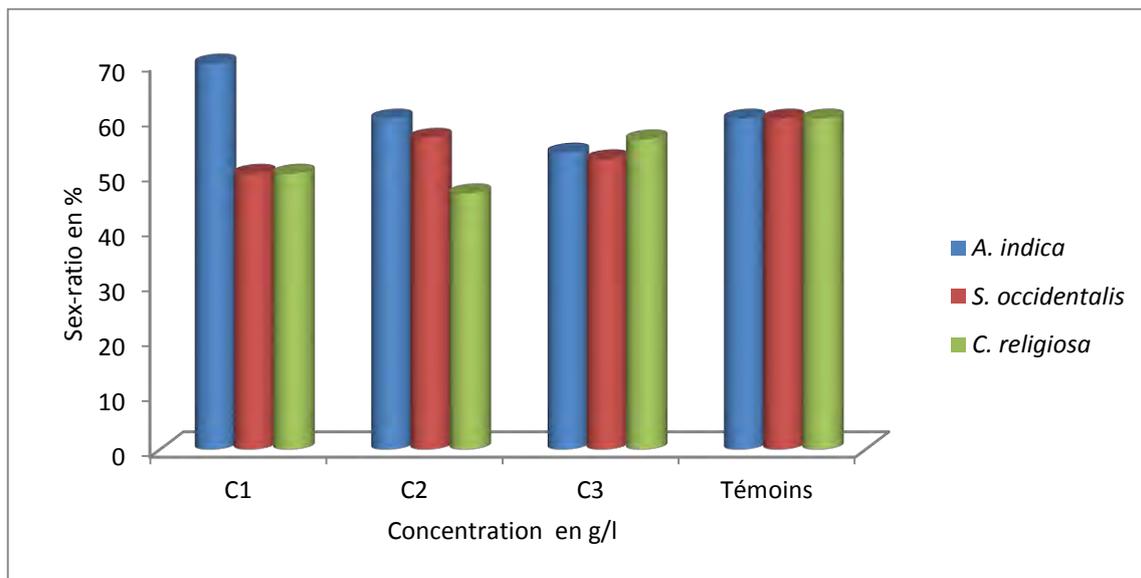


Figure 44 : Sex-ratio des adultes issus des œufs traités avec l'extrait aqueux des différentes plantes

II.2. La dissuasion de l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

II.2.1. La dissuasion de l'oviposition des rescapés de *C. maculatus* en fonction des plantes

Les résultats de la dissuasion de l'oviposition des rescapés de *C. maculatus* après traitement avec *C. religiosa* sont récapitulés dans la figure 44. Il ressort de ces résultats que la dissuasion de l'oviposition est globalement plus importante avec l'impact de la plus faible concentration (C₃), alors qu'elle devient plus faible sous l'influence de la plus forte concentration. Néanmoins, nous remarquons au premier jour de l'oviposition que C₂ a provoqué la plus grande dissuasion avec 43,31%. Au moment où les concentrations C₁ et C₃ donnent respectivement 4,72% et 30,71% de dissuasion d'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du niébé. Nous constatons par ailleurs que c'est seulement au troisième jour d'oviposition que la plus forte concentration (C₁) a induit une dissuasion supérieure à celle provoquée par les

autres concentrations, C₂ et C₃, qui en donnent respectivement 43,48% et 32,17%. Il est également notable que seule C₁ n'a pas donné 100% de dissuasion d'oviposition au septième jour de l'oviposition. L'effet dissuasif de l'oviposition de cet insecte est non significatif suivant l'impact des trois concentrations (figure 44).

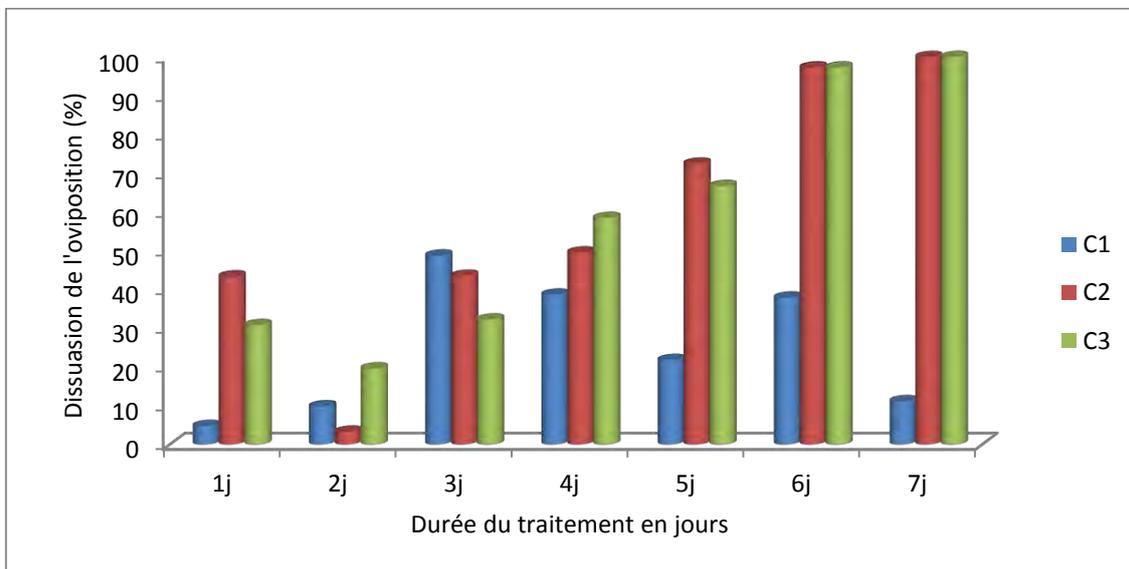


Figure 45 : Effet dissuasif de *C. religiosa* sur l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

La figure suivante montre que l'impact dissuasif de l'oviposition de *S. occidentalis* ne s'est fait ressentir qu'au troisième jour de l'oviposition. Les deux premiers jours révèlent que les deux moins fortes concentrations (C₂ et C₃) ont montré toutes des effets négatifs sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du niébé, alors que C₁ n'a donné un effet dissuasif négatif (-6,52%) qu'au deuxième jour de l'application. Le plus négatif effet dissuasif de l'oviposition a été enregistré au premier jour de l'expérimentation avec la plus faible concentration (C₃). Dès le quatrième jour de l'application, nous notons des effets dissuasifs 'oviposition très intéressants, avec un impact plus accru avec l'application de C₁. Cette dernière donne respectivement 94,06% et 98,55% de dissuasion d'oviposition aux quatrième et cinquième jours de l'expérimentation. Dès le cinquième jour de l'oviposition la concentration C₃ induit un effet dissuasif maximal (100%) de l'oviposition de *C. maculatus*, alors que C₁ et C₂ n'en donnent respectivement qu'aux sixièmes et septièmes jours de l'application. Il s'avère globalement que C₁ constitue la concentration la plus efficace sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du niébé (*Vigna unguiculata*) avec l'impact de *S. occidentalis*. L'analyse statistique montre que l'effet de *S. occidentalis* sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* est non significatif, quelle que soit la concentration appliquée (figure 45).

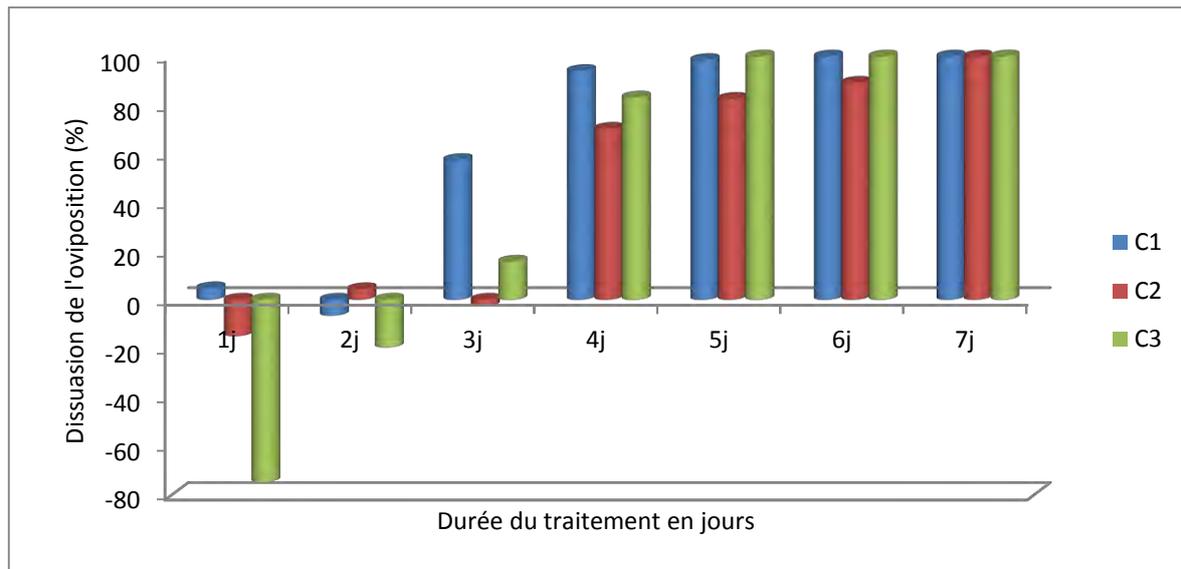


Figure 46 : Effet dissuasif de *S. occidentalis* sur l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

A. indica a montré des effets dissuasifs de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du *V. unguiculata* dès le premier jour de l'expérimentation, avec des effets décroissants avec les concentrations. C'est ainsi que les concentrations C₁, C₂ et C₃ ont donné respectivement des dissuasions d'oviposition de 78,74%, de 74,80% et de 44,09%. Les deuxième et troisième jours ont un impact plus important de C₂, qui en a donné respectivement 54,35% et 53,91% d'effets dissuasifs. A cette période, la plus faible concentration en a montré des effets négatifs. L'importance de l'effet dissuasif connaît ainsi une variation dans le temps avec l'application des différentes concentrations. C'est ainsi, qu'après le premier jour de l'expérimentation, la concentration C₁ s'est montrée moins efficace que les autres concentrations durant toute la durée restante de l'expérimentation, sauf aux deuxième et troisième jours de l'impact, période où C₃ a induit des effets négatifs sur la dissuasion de l'oviposition. En revanche C₂ n'est plus efficace que C₃ qu'après le cinquième jour de l'application. Elle donne ainsi 100% de dissuasion d'oviposition dès le sixième jour de l'expérimentation, période pendant laquelle, nous notons 94,60% de dissuasion d'oviposition avec l'application de C₃. *A. indica* montre ainsi une plus grande efficacité de la concentration C₂, comparée à toutes les autres concentrations (C₁ et C₃) sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines de *V. unguiculata*. Cette plante a induit un effet dissuasif non significatif de l'oviposition de *C. maculatus* avec l'application des différentes concentrations (figure 46).

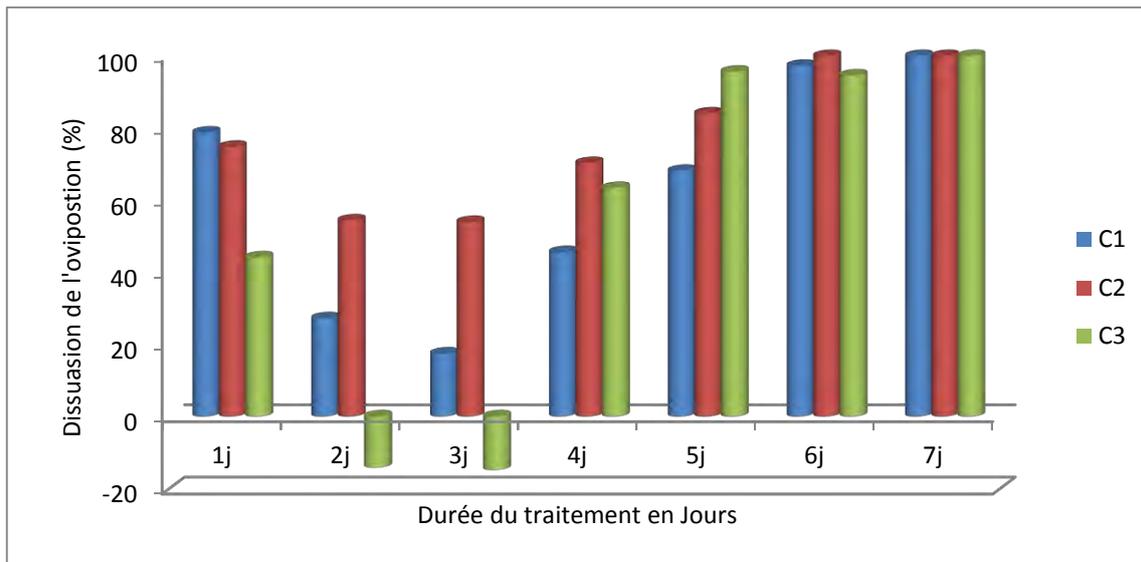


Figure 47 : Effet dissuasif d'*A. indica* sur l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

II.2.2. Comparaison de l'effet dissuasif de l'oviposition des rescapés de *C. maculatus* des trois plantes en fonction de la contraction

La concentration C₁ a donné une dissuasion d'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du niébé plus importante avec l'application d'*A. indica* aux deux premiers jours de l'expérimentation. Cette période est par ailleurs marquée par une plus faible efficacité de *S. occidentalis*, qui a induit un effet négatif sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines de *V. unguiculata* au deuxième jour de l'application. Par contre, dès le troisième jour de l'expérimentation, *S. occidentalis* a pris sa revanche en induisant des effets plus marquants sur la dissuasion de l'oviposition sur les autres plantes (*A. indica* et *C. religiosa*). En effet, au troisième jour, *S. occidentalis* a donné une dissuasion d'oviposition de 57,43%, alors que *C. religiosa* et *A. indica* en montrent respectivement 48,70% et 17,39%. *C. religiosa* s'est montré moins efficace que les autres plantes durant toute la durée restante de l'expérimentation. Dans l'ensemble, avec l'application de C₁, *C. religiosa* s'est montré moins efficace que les autres plantes, alors que *S. occidentalis* se dévoile plus efficace sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du niébé. L'impact de C₁ a montré deux groupes d'efficacité suivant les plantes appliquées. Ainsi, seul *C. religiosa* a donné des effets dissuasifs significatifs sur l'oviposition de cet insecte (figure 47).

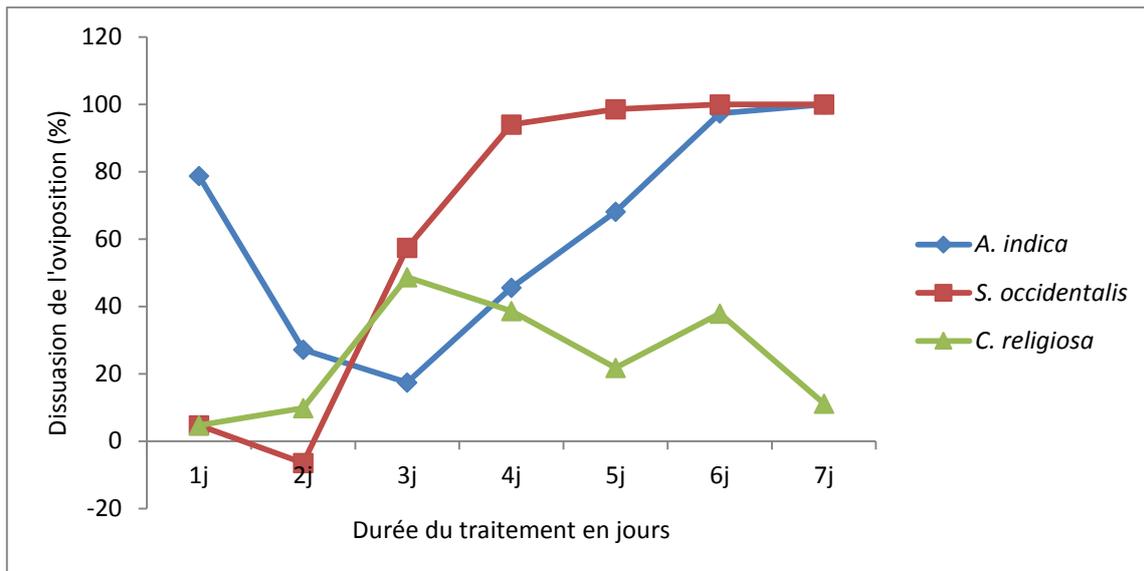


Figure 48 : Comparaison de l'effet dissuasif de C_1 ($0,2g/cm^3$) sur l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

La concentration C_1 montre globalement une plus grande efficacité d'*A. indica* sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines du niébé, comparé aux autres plantes. Aux trois premiers jours de l'expérimentation, *S. occidentalis* s'est montré moins dissuasif pour l'oviposition que les autres plantes. C'est ainsi qu'il a induit un effet dissuasif négatif au premier jour de l'application, pendant que *A. indica* et *C. religiosa* donnent respectivement 74,80% et 41,31% d'effets dissuasifs sur l'oviposition. Après le troisième jour, on note globalement que *C. religiosa* est moins efficace que les autres. C'est ainsi qu'il donne respectivement aux quatrième et cinquième jours de l'expérimentation des effets dissuasifs de 49,5% et 72,46% ; période pendant laquelle *S. occidentalis* et *A. indica* induisent des effets dissuasifs d'oviposition supérieurs à 70%. Avec C_2 , les plantes appliquées ont révélé des effets dissuasifs non significatifs (figure 48).

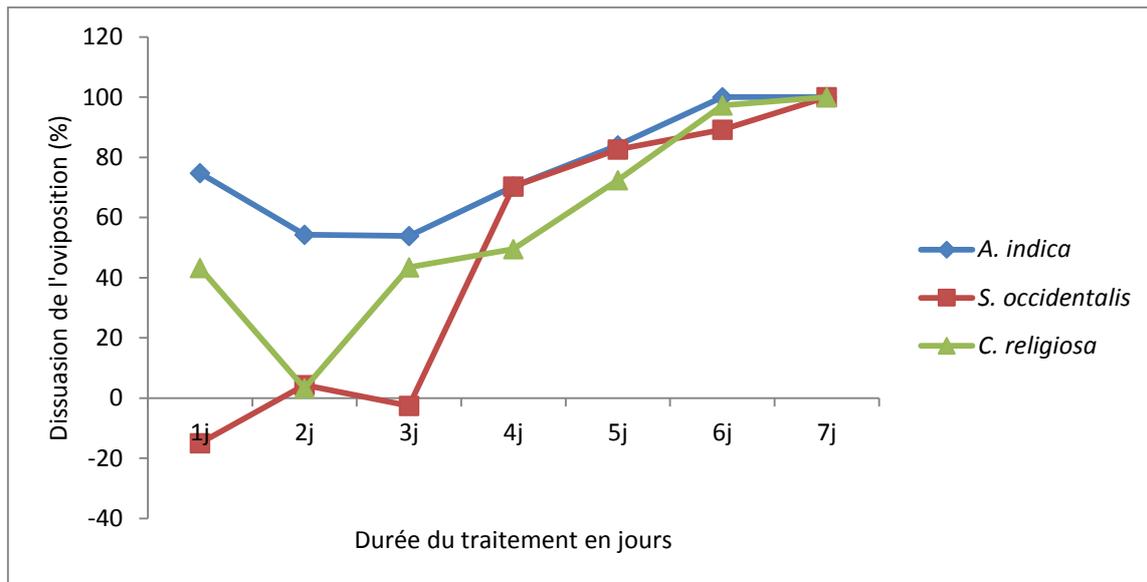


Figure 49 : Comparaison de l'effet dissuasif de C_2 ($0,13g/cm^3$) sur l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

Seul *C. religiosa* a donné des effets dissuasifs négatifs (-78,80% au premier jour et -19,56%) sur l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines de *V. unguiculata* avec l'application de la concentration C_3 . Mais dès le quatrième jour de l'application, *S. occidentalis* s'est montré plus dissuasif que les autres plantes avec des effets de 83,17% au quatrième jour et 100% aux jours suivants ; période marquée par une plus faible efficacité de *C. religiosa*, comparé aux autres plantes, avec des effets de 58,42% au quatrième jour, de 66,67% au cinquième jour, de 97,30% au sixième jour et de 100% au septième jour. Dans l'ensemble *C. religiosa* s'est dévoilé plus constant durant toute la durée de l'expérimentation dans la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines de niébé. Cette concentration a induit des effets dissuasifs non significatifs sur l'oviposition de *C. maculatus* avec l'application des différentes plantes (figure 49).

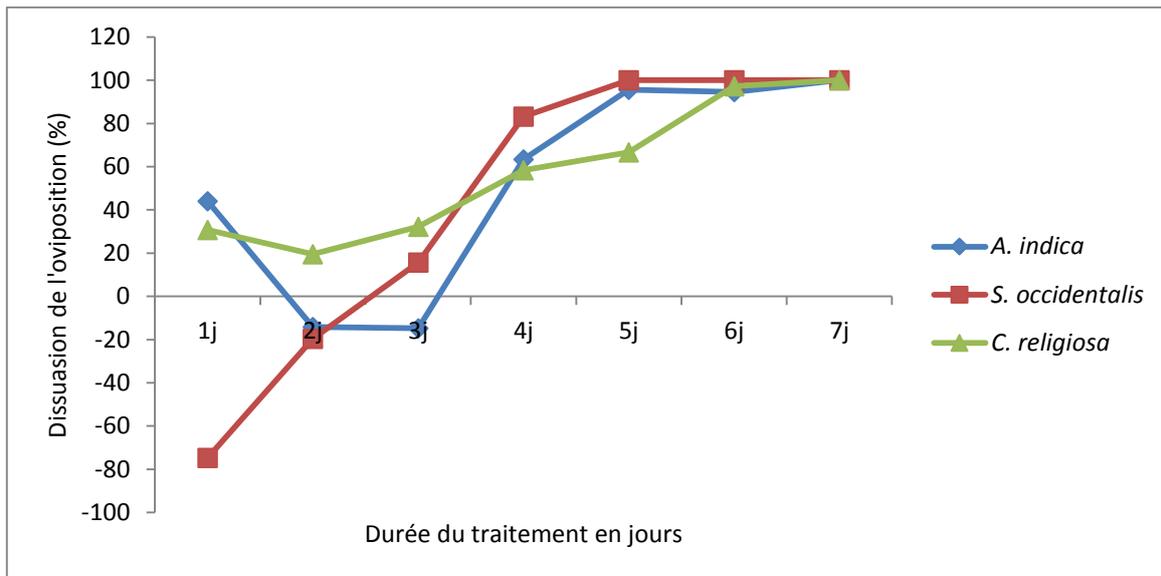


Figure 50 : Comparaison de la dissuasif de C_3 ($0,1g/cm^3$) sur l'oviposition des rescapés de *C. maculatus*

II.3. Impact de la rémérance de l'extrait aqueux des différentes plantes sur le nombre d'œufs pondus par femelle de *C. maculatus*

La figure suivante renseigne sur le nombre d'œufs pondus par femelle rescapée des tests ovicides avec les différentes plantes. Nous enregistrons, avec les deux plus fortes concentrations (C_1 et C_2), que les femelles rescapées des tests ovicides avec l'application de *C. religiosa* ont pondu beaucoup plus d'œufs que celles issues de l'application avec les autres plantes (*A. indica* et *S. occidentalis*). C'est ainsi qu'avec l'application de *C. religiosa*, une femelle donne par moyenne 83,6 et 86 œufs, respectivement avec l'impact de C_1 et C_2 ; alors qu'une femelle rescapée de l'application d'*A. indica* a pondu en moyenne 76,33 avec l'impact de C_1 et 56 œufs avec l'effet de C_2 . Par contre, *S. occidentalis* a induit un nombre inférieur d'œufs pondus par femelle rescapée que les autres plantes avec l'impact de C_1 et de C_2 , qui ont respectivement donné 56,6 et 58 œufs par femelle. Avec l'application de C_3 , *A. indica* a donné plus d'œufs par femelle que les autres plantes, *S. occidentalis* et *C. religiosa* qui en donnent respectivement 69,8 et 61,2. Globalement, il s'avère ainsi que l'effet de *S. occidentalis* est plus accru que celui induit par les autres plantes sur la réduction de la ponte des rescapés. En comparaison de l'effet de toutes les plantes, les adultes témoins ont pondu plus d'œufs (109,6 par femelle) que les adultes rescapés de l'application de l'extrait aqueux de la poudre de feuilles des différentes plantes. Nous avons, par conséquent, remarqué que toutes les plantes appliquées provoquent un impact réel sur la réduction de la ponte des

femelles de *C. maculatus*. La différence de la réduction du nombre d'œufs pondus par femelle de cet insecte n'est pas significative quelle que soit la concentration appliquée avec l'impact de toutes les plantes (figure 51).

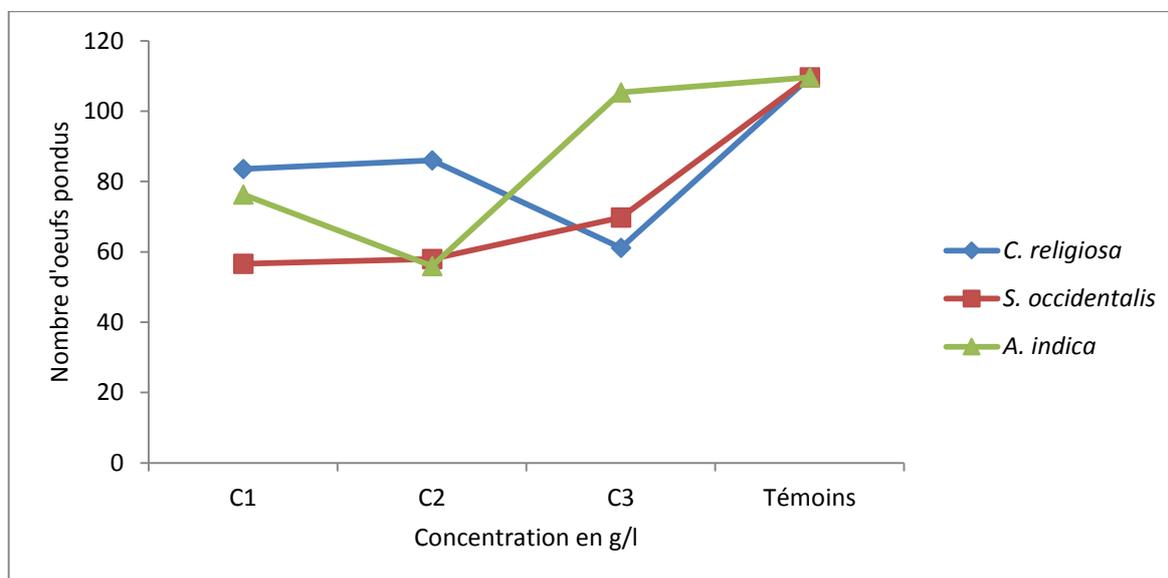


Figure 51 : Nombre d'œufs pondus par femelle rescapée de *C. maculatus* en fonction de la concentration avec l'application des différentes plantes

II.4. Impact de la rémérance de l'extrait aqueux des différentes plantes sur l'émergence des adultes *C. maculatus*

Pour toutes les concentrations utilisées, *A. indica* se montre avoir moins d'impact sur l'émergence des adultes de *C. maculatus* que toutes les autres plantes. C'est ainsi que nous avons enregistré avec *C. religiosa* des taux d'émergence de 85,17%, de 61,17 et de 64,38% respectivement avec l'application des concentrations C₁, C₂ et C₃. De toutes les plantes, *A. indica* est celle qui provoque le plus faible taux d'émergence des adultes de la bruche du niébé avec toutes les concentrations considérées. Les concentrations C₁, C₂ et C₃ induisent ainsi respectivement des taux d'émergence de 15,72%, de 20,4% et de 18,98%. Nous constatons par ailleurs que l'impact réductif de l'émergence des adultes de *C. maculatus* est devenu plus faible pour *S. occidentalis* et *A. indica* avec l'application de C₂, alors qu'il est plus important pour *C. religiosa* avec l'application de la même concentration. La concentration C₁ a donné moins d'impact sur la réduction de l'émergence des adultes de l'insecte que les autres concentrations (C₂ et C₃) avec l'application de *C. religiosa*. Par contre, c'est l'effet inverse qui est noté pour les autres plantes. Suivant l'impact de toutes les

concentrations appliquées, seul *A. indica* a induit une réduction significative de l'émergence des adultes de cet insecte à $p < 0,05$ (figure 50).

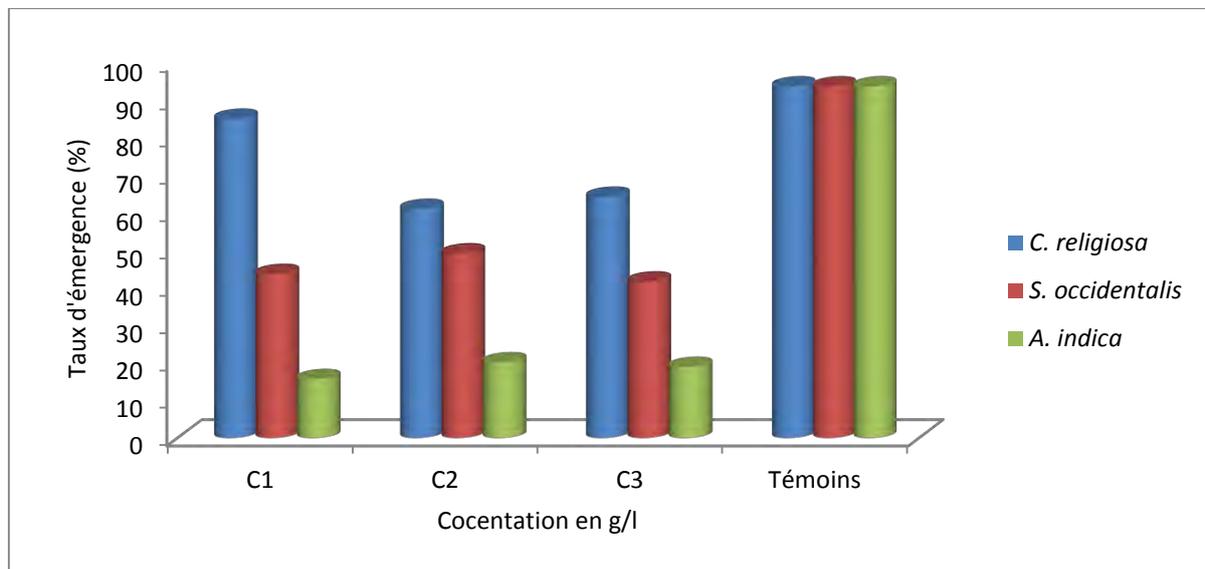


Figure 52 : Taux d'émergence des adultes issus des œufs pondus par les rescapés de *C. maculatus*

III. Discussion

Notre étude révèle que le pourcentage de sex-ratio est globalement en faveur des femelles et ceci quelle que soit la concentration appliquée. Il en ressort également que cette faveur est plus accentuée avec *A. indica* qu'avec les autres plantes. Seul *C. religiosa* a donné un sex-ratio en faveur des mâles de *C. maculatus*. Comparé au lot du témoin qui aussi a donné une faveur aux femelles, *A. indica* est la seule plante qui a induit un sex-ratio supérieur à celui du lot témoins avec l'application de C₁. Nos résultats vont dans le même sillage que ceux de Ouali-N'goran *et al.* (2014). Ces auteurs ont obtenu un sex-ratio en faveur des femelles de *C. maculatus*. Ce dernier s'échelonne autour de 85% avec l'utilisation de diverses variétés de niébé comme substrats de ponte (IT97K499-38 : $85,20 \pm 1,12$; IT96D610 : $85,15 \pm 1,24$ et TVX1248 : $85,07 \pm 1,6$) La supériorité en nombre des femelles pourrait avoir une incidence sur le comportement reproducteur de la descendance, car si les femelles deviennent très nombreuses par rapport aux mâles, la récurrence d'œufs sans fécondation serait très importante. Ceci aurait un impact considérable sur la fécondité des œufs, et par conséquent, sur le nombre d'adultes qui émergeraient de ces œufs. Par ailleurs, nous avons remarqué dans le suivi de ces rescapés par couple que le mâle mourait toujours en premier quelle que soit la plante considérée ainsi que la concentration appliquée. En plus, les témoins ont montré

l'inverse. Nos résultats corroborent ceux de Thiaw (2008) qui a montré l'effet de *S. occidentalis* ainsi que celui de *Calotropis procera* sur le sexage des adultes de *Caryedon serratus* émergeant des œufs traités par ces plantes. Il avait montré que *S. occidentalis* avait induit un sex-ratio plus important que celui induit par *C. procera* quel que soit le solvant d'extraction utilisé, qui est toujours en faveur des femelles.

L'effet dissuasif de l'oviposition des adultes rescapés de *C. maculatus* varie en fonction du temps, de la concentration ainsi que des plantes appliquées. Il ressort de notre étude que *A. indica* est la plante la plus déterminante dans la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* sur les graines de *V. unguiculata*. Cette dominance dissuasive d'oviposition est plus remarquable avec l'application de la concentration C₂. D'après notre étude, toutes les plantes testées provoquent une réduction de fécondité des femelles de *C. maculatus* rescapées des œufs traités par des extraits aqueux de ces plantes. Nos résultats ont confirmé ceux de plusieurs auteurs, qui travaillaient sur l'oviposition de cet insecte. En effet, Rotimi et Evbuomwan ont montré, en 2012, l'efficacité de plusieurs espèces de citrus sur l'émergence des adultes de *C. maculatus* ainsi que leur oviposition sur les graines du niébé. Ils ont ainsi décelé que *Citrus sinensis* a provoqué un effet dissuasif de l'oviposition compris entre 72 et 79% alors que *C. tangerina* a entraîné 62 à 68% de dissuasion de l'oviposition des femelles de *C. maculatus*. De même Singh (2011) a décelé une dissuasion de l'oviposition des femelles de *C. maculatus* de 58,86% avec l'application de 1.0ml/100gm d'extrait aqueux de neem, alors que la plus faible dose (0,5ml/100gm) a induit 36,98% de dissuasion d'oviposition. La différence notable de dissuasion d'oviposition enregistré dans notre étude en fonction des concentrations ainsi que des plantes testées résideraient dans leur teneur en substances toxiques aux insectes. Cette idée a été soutenue par Singh (2011) dans son évaluation de la dissuasion de l'oviposition des femelles de *C. maculatus*. La différence notable de l'effet dissuasif d'oviposition décelé par cet auteur avec nos résultats avec l'application d'extrait de neem, serait lié au fait que son traitement a lieu sur des graines constituant des substrats de ponte aux insectes alors que notre traitement s'est fait sur les graines portant les œufs qui ont donné naissance aux adultes sur lesquels porte l'étude de l'oviposition. Cette différence pourrait également résider dans la différence de solvants utilisés.

Par ailleurs Thiaw (2008) a montré des moyennes d'oviposition des femelles rescapées de *C. serratus* sur les graines d'arachides de 56,872% et 58,167% respectivement avec le traitement de *S. occidentalis* et *C. procera*. De nombreuses autres études montrent que les extraits de plantes sont très efficaces sur la réduction de la fécondité des insectes ravageurs des denrées

stockées. C'est dans cette optique que Kellouche et Soltani (2004) mettent en exergue une réduction de la fécondité des femelles de *C. maculatus* avec l'impact sur les graines de chicke des poudres de feuilles de quatre plantes, le citronnier, le figuier, l'eucalyptus et l'olivier, alors que les huiles essentielles du girofle inhibent la ponte des femelles de cet insecte. Le nombre d'œufs pondus par femelle de *C. maculatus* a été réduit de manière significative par l'effet des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire, *Melaleuca quinquenervia* L. et *Ocimum basilicum* L. (Seri-Kouassi *et al.*, 2004). Dan Mairo, travaillant sur différentes souches de *C. maculatus* a montré que la rémanence des feuilles broyées de *Boscia senegalensis* a induit des différences au niveau du nombre d'œufs pondus par femelles. Il en a ainsi obtenu des nombres allant de $38,9 \pm 15,53$ à $57,4 \pm 22,32$ pour les différentes souches ((Maradi $57,4 \pm 22,32$), (Gaya $38,9 \pm 15,53$), (Ayerou $40,25 \pm 17,24$) et (Tchintabaraden $42,2 \pm 16,26$)).

La fertilité des œufs pondus par les rescapés femelles a fait office d'évaluation dans notre étude. Nous avons ainsi remarqué une très grande réduction de fertilité des œufs pondus par les rescapés issus du traitement avec *A. indica*, alors que les rescapés du traitement avec *C. religiosa* donnent des œufs très fertiles. Nos résultats pourraient être compris, quand on interroge ceux d'Ikeura *et al.* (2010). Ces auteurs montrent l'attraction ainsi que la stimulation d'oviposition de *Pieris rapae* par le chou ainsi que par *C. religiosa*. Cette stimulation de ponte de *C. religiosa* envers *Pieris rapae* serait liée à la méthylthiocyanate, molécule très proche de l'allylthiocyanate. Cette dernière a été identifiée responsable de l'attraction et de la ponte de *P. rapae* sur le chou. On peut ainsi penser que cette molécule serait responsable de la plus grande fertilité des œufs des rescapés traités par *C. religiosa*. La plus grande réduction de fertilité que nous avons décelée sur les œufs des rescapés traités par *A. indica* serait liée aux molécules bioactives contenues dans cette plante, dont la plus étudiée est l'azadirachtine. ; mais il est noté que c'est le concours de plusieurs molécules bioactives qui est à l'origine de l'action insecticide de cette plante (Gauvin *et al.*, 2003). Les travaux de certains auteurs ont confirmé les nôtres sur l'émergence des adultes issus des œufs témoins. C'est ainsi que Ouali-N'goran *et al.* (2014) ont mis en évidence une émergence de 80,86% d'adultes sur la variété IT97K499-38, alors que nous en avons enregistré 93,80% d'émergence avec nos témoins. Nous en remarquons ainsi un impact réel de l'extrait de poudre de feuilles de ces différentes plantes sur la fertilité des œufs pondus par les adultes rescapés des tests ovicides. Dan Mairo (2011), quant à lui, a obtenu des taux de fertilité des œufs de *C. maculatus* allant de 94,92 à 98,28% sous l'effet de *B. senegalensis*. Ainsi, les plantes que nous avons utilisées paraissent

plus efficaces que *B. senegalensis* sur la réduction de la fertilité des œufs pondus par *C. maculatus*. Cette différence d'efficacité serait l'œuvre d'une différence de nature des molécules bioactives contenues dans ces plantes ou leur concentration. Nous pouvons également la chercher dans la différence de l'efficacité de la rémanence des produits de ces différentes plantes. Des travaux de Dan Mairo (2011), *B. senegalensis* a montré, par ailleurs, une rémanence plus considérable que celle des plantes que nous avons utilisées sur réduction du taux d'émergence des adultes de *C. maculatus*. D'autres méthodes de lutte contre les ravageurs ont été également entreprises par beaucoup de chercheurs. Ces méthodes reposent sur la résistance de certaines variétés de plantes à l'égard des insectes. C'est dans cette mouvance que Doumma *et al.* (2011) ont obtenu des résultats intéressants sur la restriction de la prolifération de *C. maculatus*, par l'application de plusieurs variétés locales de niébé du Niger. Ils ont ainsi obtenu des taux de mortalité larvaire de *C. maculatus* supérieurs à 20% à l'exception des variétés 041-84 et 057-84, qui ont respectivement induit des mortalités larvaires de $12,810 \pm 3,15$ % et de $17,423 \pm 2,35$ %. Les résultats obtenus par ces auteurs ont permis d'identifier parmi les variétés testées, deux écotypes locaux, 063-84 et 044-84, qui semblent réduire significativement le développement de *C. maculatus*. L'impact de ces deux variétés se traduit par l'inhibition du développement post embryonnaire de cette espèce entraînant respectivement 49% et 42% de mortalité larvaire comparativement au témoin de résistance qui a enregistré 80%. Ceci a eu pour conséquence de diminuer significativement l'émergence des adultes de cette espèce au niveau de ces variétés comparativement aux autres variétés où des taux d'émergence de plus de 60% sont observés (Doumma *et al.*, 2011).

Conclusion

La rémanence de plusieurs plantes a été évaluée sur plusieurs paramètres biologiques de *C. maculatus* dans notre étude. Le sex-ratio induit par la rémanence de toutes les plantes s'est révélé globalement en faveur des femelles. En outre, *A. indica* s'est montré plus favorable que toutes les autres plantes à l'émergence des femelles que celle des mâles. L'impact de la rémanence des plantes utilisées sur la dissuasion de l'oviposition de cet insecte est réel. C'est ainsi que *S. occidentalis* s'est montré plus réducteur sur la quantité d'œufs pondus avec l'impact de toutes les plantes. Par ailleurs, *C. religiosa* est la plante la moins efficace sur la diminution du nombre d'œufs pondus par femelle, ainsi qu'à la réduction du taux d'émergence des adultes issus des œufs pondus par les rescapés de *C. maculatus*. En revanche, nous avons enregistré une efficacité plus accrue d'*A. indica* sur l'évaluation de ces deux derniers paramètres biologiques.

Conclusion générale et perspectives

L'insecte *Callosobruchus maculatus* est considéré comme le coléoptère le plus dévastateur des stocks et semences de niébé, *Vigna unguiculata* dans les zones tropicales et sub-tropicales du monde. Devant cette menace, les agriculteurs font souvent recours aux insecticides de synthèse. Ces derniers font souvent office d'une résistance développée par ces insectes et provoquent la dégradation de l'environnement, ainsi que des problèmes de santé publique (animale et humaine). Pour contourner ces obstacles, certains chercheurs mettent en œuvre des méthodes alternatives à la lutte chimique. C'est dans cette perspective que notre travail s'inscrit. Nous avons ainsi testé l'effet biocide de trois plantes (*Azadirachta indica*, *Senna occidentalis* et *Crataeva religiosa*) sur les formes externes (adultes et œufs) de *C. maculatus*.

Trois formulations à base de ces différentes plantes ont été appliquées sur les formes externes de cet insecte. Les formulations utilisées sont facilement applicables par les paysans pour la protection de leurs stocks et semences. La première technologie réside dans l'utilisation de feuilles fraîches broyées des différentes plantes, appliquées par contact sur ces formes externes. La deuxième formulation se consacre à la fumigation des feuilles fraîches broyées ; alors que la troisième formulation se base sur la macération à l'eau de la poudre de feuilles de ces plantes (*Azadirachta indica*, *Senna occidentalis* et *Crataeva religiosa*). Cette dernière formulation a permis d'apprécier d'autres paramètres biologiques autres que la mortalité. C'est ainsi que nous avons apprécié le sex-ratio, la dissuasion de l'oviposition, le nombre d'œufs pondus par femelle et le taux d'émergence de *C. maculatus*.

Nos différents résultats révèlent des efficacités différentielles sur la mortalité des formes externes de cet insecte avec l'application des différentes formulations pour chacune des plantes. C'est ainsi que le contact des feuilles fraîches broyées de *S. occidentalis* a induit des effets adulticides étalés dans le temps. Ces effets dépendent des doses appliquées : plus la dose est forte, plus la mortalité corrigée des adultes est importante. La mortalité corrigée des œufs induite par cette plante s'échelonne au tour de 40%. Il s'avère ainsi que *S. occidentalis* est plus efficace sur les adultes que sur les œufs. Pour *A. indica*, dans les six premiers jours, le contact des feuilles fraîches broyées a montré des mortalités disproportionnelles par rapport aux doses ; dans cet intervalle nous avons enregistré les plus importantes mortalités avec les deux plus faibles doses (D_1 et D_2). Les tendances sont inversées dès le septième jour des tests. Sur les œufs, cette plante a permis d'enregistrer des mortalités supérieures à 96%, quelle que soit la dose appliquée. *Crataeva religiosa* à son tour, a révélé une efficacité très importante sur les adultes suivant l'application de toutes les doses. Ainsi, les plus fortes doses ont donné de fortes mortalités des adultes quel que soit le jour d'évaluation. Notre étude a montré

également que le contact des feuilles fraîches broyées de *C. religiosa* est très efficace sur la mortalité des œufs de *C. maculatus*. Les mortalités corrigées enregistrées sur les œufs excèdent ainsi 70%. Globalement *C. religiosa* s'est montré plus efficace que toutes les autres plantes sur la mortalité des adultes avec le contact des feuilles broyées ; alors que sur les œufs c'est *A. indica* qui se présente comme étant la plante la plus efficace.

La fumigation avec les feuilles fraîches broyées de *S. occidentalis* a également donné des effets adulticides étalés dans le temps. Nous notons une efficacité considérable de cette plante, ainsi, les mortalités induites sont proportionnelles aux doses appliquées. Nous enregistrons, par conséquent, des mortalités plus élevées avec les plus fortes doses. Cette formulation a également donné des effets ovicides variables suivant les doses appliquées ; ainsi plus les doses sont fortes, plus les mortalités induites sont élevées (la plus faible dose a donné 14,33% alors que la plus forte dose a produit 90,95% de mortalité). La fumigation des feuilles d'*A. indica* a également produit des mortalités étalées dans le temps, mais elle ne présente aucune proportionnalité de mortalité en fonction des doses durant les cinq premiers jours. Cette tendance s'arrête dès le sixième jour de l'application où les mortalités induites commencent à devenir proportionnelles aux doses. C'est ainsi que les plus fortes doses ont donné des mortalités plus élevées sur les adultes. La sensibilité des œufs de *C. maculatus* est accrue avec les fortes doses. C'est ainsi que l'on enregistre des mortalités qui s'échelonnent entre 32,33%, 59,46%, 79,73% et 95,73% respectivement avec l'application de D₁, D₂, D₃ et D₄. *C. religiosa* s'est révélé très efficace contre les adultes de l'insecte par fumigation. C'est ainsi que, dès le deuxième jour de l'application, toutes les doses ont donné 100% de mortalité sur les adultes. Cette plante a aussi donné des effets ovicides proportionnels aux doses appliquées. Dans cette logique, les fortes doses ont induit des mortalités plus élevées que celles provoquées par les plus faibles doses sur les œufs de *C. maculatus*.

De toutes les plantes testées, *A. indica* se révèle plus efficace que les autres sur la mortalité des œufs, alors que sur les adultes, *C. religiosa* est, de loin, la plante la plus efficace avec l'application de la fumigation des feuilles fraîches broyées.

Le contact avec l'extrait aqueux de la poudre de *S. occidentalis* s'est montré inefficace sur les adultes de *C. maculatus* durant les trois premiers jours de l'application, et ceci quelle que soit la concentration testée. Cette formulation n'est devenue efficace sur cet insecte qu'à partir du neuvième jour d'application. Cette efficacité est proportionnelle aux concentrations appliquées. Les œufs à leur tour présentent une sensibilité très différentielle avec l'impact des

différentes concentrations. Ainsi la plus forte concentration a montré une efficacité plus accrue que les autres. Globalement l'extrait aqueux de cette plante s'est montré peu efficace contre les formes externes de cet insecte. *A. indica* a montré avec cette formulation, une efficacité très contrastée suivant les différentes concentrations testées. Ce n'est que vers le treizième jour d'application que son efficacité a montré une proportionnalité avec les concentrations appliquées. L'extrait aqueux de cette plante se révèle très efficace contre les œufs de *C. maculatus*, avec une plus grande efficacité enregistrée avec la concentration C₂. *C. religiosa* quant à lui, donne des mortalités différentielles avec l'impact des différentes concentrations. Ce constat n'est perceptible qu'au cinquième jour des tests, avec une plus grande efficacité enregistrée avec les plus fortes concentrations. Cette tendance a persisté jusqu'à la fin des tests. Les œufs à leur tour ont montré une sensibilité moyenne à cette formulation, quelle que soit la concentration impactée sur ces derniers.

Globalement, cette formulation a montré une efficacité adulticide plus accrue avec *C. religiosa*, alors que les œufs sont plus sensibles à *A. indica*.

L'efficacité de la rémanence de l'extrait aqueux de *S. occidentalis* sur la dissuasion de l'oviposition de *C. maculatus* est différentielle. Ainsi, la concentration la plus forte (C₁) a donné des effets plus notoires que ceux des autres concentrations. *A. indica* s'est remarqué très efficace sur la dissuasion de l'oviposition de cet insecte. Avec cette plante, la concentration C₁ est la plus efficace pour ce paramètre. Les effets de *C. religiosa* présentent la même allure que ceux induits par *A. indica*, mais globalement ce dernier s'est montré plus efficace que toutes les autres plantes.

Comparée au taux d'émergence des adultes observé chez les témoins, la rémanence de l'extrait aqueux de la poudre des feuilles de *S. occidentalis* se montre très efficace sur la réduction du nombre d'adultes émergeant des œufs pondus par les rescapés. Cette efficacité est plus apparente avec l'application de la concentration C₂. *C. religiosa* se dévoile moins efficace que *S. occidentalis* et la plus forte concentration a induit la plus faible efficacité. *A. indica* constitue la plante la plus déterminante sur la réduction du nombre d'adultes émergeant des œufs pondus par les rescapés.

Le neem a donné des sex-ratios variables et en faveur des femelles, induits par la rémanence de toutes les concentrations. Seule la concentration C₁ a montré un sex-ratio en faveur des femelles, supérieur à celui observé avec les témoins. Les autres plantes ont donné des sex-

ratios inférieurs à ceux des témoins ; mais les plus faibles sex-ratios sont observés avec *C. religiosa*.

Les femelles, issues des œufs traités avec l'extrait aqueux de la poudre des feuilles des différentes plantes testées, ont pondu moins d'œufs que les femelles témoins. De toutes les plantes testées, *S. occidentalis* s'est montré plus efficace sur la réduction du nombre d'œufs pondus par femelle de *C. maculatus*.

Ce travail participe à la recherche de formulations efficaces pour la protection des denrées stockées contre les ravageurs. Il met en exergue une technologie facilement applicable par les paysans à revenu faible et qui manquent de connaissances sur les précautions à entreprendre pour manipuler les insecticides de synthèse. Il nous incite à étendre la recherche en testant les autres parties (écorces, racines et fruits) de ces plantes sur les coléoptères des denrées stockées. Nous nous assignons ainsi de tester leur effet dans les systèmes réels de stockage et de vérifier leur impact sur les formes internes des insectes coléoptères bruchidae tels que *Callosobruchus maculatus*. Ultérieurement nous nous donnons également comme tâche, d'identifier et d'isoler les substances actives responsables de l'effet biocide de *C. religiosa* sur les insectes. Nous voulons également étendre la recherche sur la protection des cultures avec l'utilisation de procédés toujours facilement applicables par les paysans et utilisant les plantes indigènes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- 1. Aba Toumnou L., Seck D., Namkossere S., Cisse N., Kandioura N. et Sembene M., 2012.** Utilisation des plantes indigènes à effet insecticide pour la protection des denrées stockées contre des insectes ravageurs à Boukoko (Centrafrique). *International Journal Biological Chemical Sciences* 6(3): 1040-1050
- 2. Abbasipour H., Mahmoudvand M., Rastegar Fa., and Hosseinpour M. H., 2011.** Fumigant toxicity and oviposition deterrence of the essential oil from cardamom, *Elettaria cardamomum*, against three stored-product insects. *Journal of Insect Science*: 11 (165) p.10
- 3. Abbot W., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economy and Entomology*, 18: 265-267.
- 4. Abdoul Habou Z., Haougui A., Basso A., Adam T., Haubruge E. and Verheggen F. J., 2014.** Insecticidal effect of *Jatropha curcas* L. seed oil on *Callosobruchus maculatus* Fab and *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae) on stored cowpea seeds (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in Niger. *African Journal of Agricultural Research* 9(32): 2506-2510.
- 5. Abdul Ahad, Abu Sayed, Nurealam Siddiqui, Maksud-Ul Haque, 2012.** Assessment of some indigenous plant extracts against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. (Bruchidae: Coleoptera) in stored green gram *Vigna radiata* L. *Global Journal of Medicinal Plant Research* 1(1)
- 6. Abdullahi N., 2011.** Evaluation of the efficacy of different concentrations of mixed leaf powders of *Vittallaria paradoxa* and *Cassia occidentalis* against *Callosobruchus maculatus* (f.) (Coleoptera: Bruchidae) on stored cowpea seeds. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* 4(1): 94-97.
- 7. Abdullahi N. and Majeed Q., 2010.** Evaluations of the Efficacy of *Vittellaria paradoxa* seed powder on the Oviposition eggs viability and mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on treated cowpea seed. *African Journal of General Agriculture* 6(4):289-293

8. **Akpovi C. S., 1993.** Etude au laboratoire de l'efficacité de *Dinarmus basalis* Rondani. (Hymenoptera : Bruchidea). Mémoire Agronome. Univ. Nation. Du Benin. Cotonou Benin ; p. 98.

9. **Akunne C. E., Afonta C. N., Mogbo T. C., Ononye B. U., Ngenegbo U. C., 2014.** Evaluation of the efficacy of mixed powders of Piper guineense and Zingiber officinale against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *American Journal of Biology and Life Sciences*. 2(2): 63-67

10. **Alzouma I., 1987.** Reproduction et développement de *Bruchidus atrolineatus* (Pic) aux dépens des cultures de *Vigna unguiculata* (Walp.) dans un agrosystème sahélien au Niger. *Thèse de doctorat : Université de Tours (France)*.

11. **Alzouma I., 1990.** La situation post récolte en Afrique Sahélienne. *La post récolte en Afrique. Act. Sém. Abidjan*. 1990. *Aupelf*. p. 22-28.

12. **Alzouma I., 1995.** Connaissance et contrôle des Coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel. *Sahel IPM* 1: 4, 10 - 11.

13. **Alzouma I. & Boubacar A., 1985.** Effets des feuilles vertes de *Boscia senegalensis* (Capparidaceae) sur la biologie de *Bruchidius atrolineatus* et *Callosobruchus maculatus* (Coléoptères : Bruchidae) ravageurs des graines du niébé (*Vigna unguiculata* Walp.). In : Les légumineuses alimentaires en Afrique. *Colloque de Niamey. Aupelf Ed.*, p : 288-295.

14. **Alzouma I., Huignard J., Lenga A., 1996.** Les coléoptères Bruchidae et autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale. In : *Post-récolte : Principes et applications en zone tropicale. Univ. Fran. ESTEM/AUPELF*. p. 79-103.

15. **Appleby J. H, Credland P. F., 2004.** Environmental conditions affect the response of West African *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) populations to susceptible and resistant cowpeas. *Journal of Stored Products Research* 40(3) : 263-287.

- B**
16. **Bambara D. et Tiemtoré J., 2008.** Efficacité biopesticide de *Hyptis spicigera* Lam., *Azadirachta indica* A. Juss. et *Euphorbia balsamifera* Ait. sur le niébé *Vigna unguiculata* L. Walp. *TROPICULTURA*, 26 (1): 53-55

17. **Baoua I., Karimou L., Amadou L., 2013.** *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera) ravageur important du niébé. N° 004-2013 /INRAN
18. **Bassène E., 2001.** Extraction et analyse en phytochimie. Document ronéo, p. 4-13.
19. **Baulard, C., 1999.** Contribution à l'étude de plantes insecticides. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du grade d'ingénieur chimiste et de bio-industries, *Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique*, p. 67
20. **Bélangier A. et Musabyimana T., 2005.** Le Neem contre les insectes et les maladies. *ASsociation pour la PROMotion des Produits Naturels Peu Préoccupants*, p. 13.
21. **Belmain S. R., Hagggar J., Holt J. et Stevensen P. C., 2013.** Managing legume pests in sub-Saharan Africa : Challenges and prospects for improving food security and nutrition through agro-ecological intensification. *University of Greenwich, Natural Resources Institute*. p.34
22. **Berhaut J., 1967.** Flore du Sénégal. *Edit. Clairafrique* p. 108.
23. **Berhaut J., 1976.** Flore illustrée du Sénégal ; Dicotylédones Tome Fabacées, p. 630-633
24. **Berhaut J., 1976.** Flore illustrée du Sénégal ; Dicotylédones Tome 5, pp 621.
25. **Bhatachargee, S. K., 2001.** Handbook of Medicinal Plants. Aavishkar Publication and Distributors, Jaipur.
26. **Bijlmakers H. W. L., Verhoek B. A., 1995.** Guide de Défense des Cultures au Tchad : Cultures Vivrières et Maraîchères. *Projet FAO/PNUD CHD/88/001. "Renforcement de la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement" Rome, 1995.*pp.413
27. **Biswas K., Chattopadhyay I., Banerjee R. K., Bandyopahyay U., 2002.** Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). *Current Science*, 82, 1336-1345.
28. **Boadu K. O., Tulashie S. K., Anang M. A., Kpan J. D., 2011.** Production of natural insecticide from Neem leaves (*Azadirachta indica*). *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2011, 1 (4):33-38
29. **Boateng B. A., Kusi F., 2008.** Toxicity of *Jatropha* Seed Oil to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its Parasitoid, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. of Appl. Sci. Res.*, 4(8): 945-951.

- 30. Blumer L. S. and Beck C. W., 2007.** Oviposition Substrate Choice by Bean Beetles, *Callosobruchus maculatus*. *Association for Biology Laboratory Education (ABLE) 2007 Proceedings*, 29: 51-66
- 31. Borges L. M. F., Ferri P. H., Silva W. J., Silva W. C., & Silva J. G., 2003.** In vitro efficacy of extracts of *Melia azedarach* against the tick *Boophilus microplus*. *Medical and Veterinary Entomology*, 17 : 228-231.
- 32. Bounechada M. et Arab R., 2011.** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera:Tenebrionidae). *Agronomie* 1 : 6

C

- 33. Camara M., 1997.** Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales, application au contrôle des bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* F. et de l'arachide *Caryedon serratus* OL, p. 78
- 34. Cardet C., 1996.** Etude de l'effet insecticide de substances naturelles contre trois *Caryedon* (Coléoptère, Bruchidea) ravageurs des semences de légumineuses ligneuses au Sénégal. *Mémoire de fin d'études D.A.A. Protection des plantes ENSA Thiès*, p. 30
- 35. Cardet C., Kandji T., Delobel A., & P. Danthu, 1998.** Efficiency of neem and groundnut oils in protecting leguminous tree seeds against seed beetles in Sahel. *Agroforestry systems*, 40 : 29-40.
- 36. Cayetano L., Maklakov A. A., Brooks R. C. and Bonduriansky R., 2011.** Evolution of male and female genitalia following release from sexual selection. *The Society for the Study of Evolution*. 65(8): 2171–2183
- 37. CGIAR, 2001.** Cowpea (*Vigna unguiculata*). CGIAR on line/ CGIAR Research: Areas of Research, <http://www.cgiar.org>
- 38. Chougourou D.C. et Alavo T. B. C., 2011.** Systèmes de stockage et méthodes endogènes de lutte contre les insectes ravageurs des légumineuses à grains entreposées au Centre Bénin. *Revue CAMES - Série A, Sciences et Médecine*. 12 (2) : 137-141
- 39. Ciesla W. M., 1993.** Qu'arrive-t-il au neem sahélien? *Unasylya* n°172. U850/F. <http://www.fao.org>
- 40. Cissé N., Thiaw S., Ndiaye M., & Hall A. E., 1996.** Guide de protection de niébé, *ISRA*, 6(2) :23

- 41. Cope J. M., & Fox C. W., 2002.** Oviposition decisions in the beetle, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidea) : effects of seed size on superparasitism, *Journal of Stored Products Research*, 39 :355-365.
- 42. Cork A., Dobson H., Grzywacz D., Hodges R., Orr A. & Stevenson P., 2009.** Review of pre- and post-harvest pest management for pulses with special reference to East and Southern Africa. *Natural Resources Institute, University of Greenwich*. p. 136.
- 43. Coulibaly A. D., 1993.** Caractérisation chimique de plantes tropicales : Etudes de leur activité biologique sur les insectes des denrées stockées. *Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du grade d'ingénieur chimiste et des industries agricoles*. p. 83
- 44. Credland P. F., 1990.** Biotype variations and host plant change in bruchids: cause and effects in the evolution of bruchids pests. *Bruchids and legumes: Economics Ecology and coevolution*. FUJI K. (ed.); p. 271- 287.
- 45. Credland P. F., 2006.** Laboratory studies of insect behaviour and pest control; a neglected interface or different worlds? Examples from studies with *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Biology, Behavior, and Pest Detection on Stored Grain. 9th International Working Conference on Stored Product Protection*.
- 46. Cruz J. F., Troude F., Griffon D. & Hébert J. P., 1988.** Conservations des graines en régions chaudes. 2. Ed., « *Techniques rurales en Afrique* » CEEMAT, Paris (France), p. 545

D

- 47. Damerджи Amina et Bouklikha Asma. 2009.** Effet de quatre variétés d'haricots sur la durée du cycle de développement de la bruche *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 14: 161– 173
- 48. Decelle J., 1981.** Bruchidae related to grain legumes in the perspectives. *Biologie survey of Canada Monograph Service*, 1: 439.
- 49. Decelle J., 1987.** Les coléoptères nuisibles aux légumineuses alimentaires cultivées dans la région afrotropicale. Colloque sur les légumineuses alimentaires. *Université de Niamey, AUPELF* : 188-200.
- 50. Delimi A., Taibi F., Fissah A., Gherib S., Bouhkari et Cheffrou. 2013.** Bio-activité des huiles essentielles de l'armoise blanche *Artemessia herba alba* : effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera). *Afique Science*. 9(3) : 82-90

- 51. Delobel A. et Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *Edition CTA et ORSTOM*, p. 424
- 52. Demeure G., 1985.** Analyse de quelques facteurs liés à la plante hôte *Vigna unguiculata* (Walp) influençant la reproduction et le développement de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) coléoptère bruchidae. Thèse de troisième cycle *En Biologie Appliquée Option Ecologie Expérimentale, l'Université François Rabelais de TOURS*. p.182
- 53. Diallo T. R. E., 2013.** Etude ethnobotanique de *Burkea africana* Hook. FI' *Crataeva religiosa* Forst., et *Sarcocephalus latifolius* (Smith) E.A. Bruce autour des Réserves Partielle et Totale de Faune de Bontioli et de la Forêt classée de Koulbi, Sud-Ouest du Burkina Faso. p. 77
- 54. Diaw S. C., 1999.** Evaluation de la résistance variétale du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) à (*Callosobruchus maculatus* F.). Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, *Productions végétales*, p. 60
- 55. Diouf E. H. G., Samb A., Seck D., Diop M., 2014.** Phytochemical and insecticidal study of three organic extracts of *Crataeva religiosa* Forst on *Sitophilus zeamais* and *Callosobruchus maculatus*. *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences (IRJPAS)*. 4(4):13-18
- 56. Douiri L. F., Boughdad A., Assobhei et Moumni M., 2013.** Chemical composition and biological activity of *Allium sativum* essential oils against *Callosobruchus maculatus*. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology*. 3(1): 30-36
- 57. Doumma A., Salissou O., Sembène M., Sidikou R. S. D., Sanon A., Ketoh G. K., Glitho I. A., 2011.** Etude de l'activité reproductrice de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) sur dix variétés de niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. en présence ou non de son parasitoïde, *Dinarmus basalis* R. (Hymenoptera : Pteromalidae). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 11(2): 1398-1408
- 58. Dramane and Ambaliou Sanni., 2011.** Antimicrobial activity of *Crataeva religiosa* Forst. Medicinal plants of Myanmar. *Compiled by Ministry of health department of traditional medicine*. p. 122

59. Ducom P., 1996. Lutte chimique contre les insectes des graines stockées. In : *Post-récolte : Principes et applications en zone tropicale*. Univ. Fran., ESTEM/AUPELF. pp. 104-140.

60. Ducom V., 1994. Méthyl isothiocyanate used as a grain fumigant. In Highley E., Wright E. J., Banks H. J. & Cham B. R. Proc. 5th Int. Work. Conf. On Stored Prod. Prot. 3: 1671-1678.

61. Dugje I. Y., Omoigui L. O., Ekeleme F., Kamara A. Y., et Ajeigbe H., 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest: Guide du paysan. p. 26. www.iita.org

62. Demnati F. and Allache F., 2014. Effect of *Verbascum sinuatum* (Scrophulariaceae) on oviposition of *Callosobruchus maculatus* (Bruchidae). *J. Crop Prot.* 2014, 3 (3): 327-334

E

63. El Houssine B., 1996. Les techniques de stockage. In : *Post-récolte : Principes et applications en zone tropicale*. Univ. Fran., ESTEM/AUPELF. p. 183-208.

64. Enamul huque M., Nahidul Islam M., Das Gupta D., Hossain M., Hossain U. S., Alam Shibib B., 2008. Titerpenoïds from the Stem Bark of *Crataeva nurvala*. *Dhaka Univ. J. Pharm. Sci.*, 7(1):71-74.

F

65. FAO, 1995. Comment la Communauté internationale peut promouvoir la sécurité alimentaire Rome. p. 49

66. Faye M., 2010. Nouveau procédé de fractionnement de la graine de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sénégalais : production d'un bio-pesticide d'huile et de tourteau. *Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse*, p. 267.

67. Faye MB. D., 1996. Rapport d'activité. ISRA-CNRA de Bambey.

68. Formad environnement, 2013. Le margousier ou neem (*Azadirachta indica*). p.18.

69. Fox W. Charles, 1993. A quantitative genetic analysis of oviposition preference and larval performance on two hosts in the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. *The society for the Study of Evolution*, 47(1), 1993, p. 166-175

70. Frank J. Messina, 2004. How labile are the egg-laying preferences of seedbeetles?
Ecological Entomology 29 : 318–326

G

71. Gakuru S., & Foua-Bi K., 1996. Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*) et le charançon du riz (*Sytophilus oryzae*). *Auprlf-Uref. Cahiers agricultures*, 5 (1), 39-42.

72. Garneau F. X. et Collin G. J., 1993. Valorisation de la biomasse végétale par les produits naturels. *Actes du colloque de Chicoutimi 22 au 25 aout 1993. Centre de recherches pour le développement international BP 8500, Ottawa (Ontario) Canada KIG 3H9.p.340*

73. Gauvin M. J., Bélanger A., Nébié R. et Boivin G., 2003. « Azadirachta indica : l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif ? ». *Phytoprotection*, 84(2) : 115-119.

74. Glitho I. A., 2010. Activités ovicide et larvicide des huiles essentielles de *Cymbopogon giganteus* Chiov. et de *Cymbopogon nardus* L. Rendle sur les stades immatures de *Callosobruchus maculatus* F. et de *Callosobruchus subinnotatus* Pic. (Coleoptera: Bruchidae). *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* 29 : 67 -79

75. 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

76. Gowsalya P. and Saravanababu, 2013. Phytochemical and Antimicrobial Activity of Selected Microorganism of Bark Extract of the Plant *Crataeva religiosa*. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives* 1(6): 179-181

77. Grassé. P., 1974. Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, éd. ORSTOM, Paris

78. Guèye S., 2004. Effet ovicide et adulticide des extraits de *Azadiracta indica* JUSS. Et de *Lantana camara* L. sur *Caryedon serratus* (OL.), ravageur des stocks d'arachide. *Mémoire de D.E.A. de Chimie et Biochimie des Produits Naturels, Dakar*, p. 54

79. Gueye S, Diop M. T, Seck D., Sembene M., 2011. Biochemical fractions activity of *Annona senegalensis* Pers. extract leaves to protect against the seed-beetle *Caryedon serratus* groundnut Ol. (coleoptera, chrysomelidae, bruchinae) *Ijpaes* 1(2): 122-130.

80. Guèye M. T., Seck D., Wathelet J. P., 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

81. Gueye S., Thiaw C., Gueye N. A., Gueye M. T., Samb A., Sembene M., 2009. Ovicid and adulticid effects of the petroleum ether and methanolic extracts of dried leaves of *Azadirachta indica* Juss. and *Lantana camara* L. on *Caryedon serratus* (Coleoptera, Bruchidae.). *Journal des Sciences* 9 (4): 12-19.

H

82. Habluetzel et al., 2009. *Azadirachta indica* as a public health tool for the control of malaria & other vector-borne diseases. *Indian J Med Res* 130, August p: 112-114

83. Habou Z. A., Haougui A., Basso A., Adam T., Haubrudge E., Verheggen F., 2014. Insecticidal effect of *Jatropha curcas* L. seed oil on *Callosobruchus maculatus* Fab and *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera: Brucidae) on stored cowpea seeds (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in Niger. *African Journal of Agricultural Research.* 9(32): 2506-2510

84. Hane E. H., Fiche technique n°2: Le Neem, pesticide naturel. *Association Sahel People Service* www.sahelpeopleservice.com

85. Huignard J., 1998. Lutte biologique contre les Bruchidea, ravageurs du niébé en Afrique de l'ouest. *Summary report of Commission supported STD-3 projets (1992-1995), CTA.* p. 6

86. Huignard J., Glitho I. A., Monge J. P., Regnault-Roger C., 2011. Insectes ravageurs des grains de légumineuses, biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. *Editions Quae*, p. 146

I

87. Idoko Joy E., Jacobs, Adesina M., 2012. Infestation level of *Callosobruchus maculatus* on cowpea using different particle sizes of *Eugenia aromatic* and *Piper guineense* powders. *World J of Engineering and Pure and Applied Sci.* 2(5):156-160

88. Ikeura H., Kobayashi F. and Hayata Y., 2010. Attractant and oviposition stimulant of *Crataeva religiosa* Forst. to *Pieris rapae*. *Asian Journal of plante Science.* 9 (8):492-497

89. Ilesanmi J. O. and Gungula D. T., 2013. Quality Attributes of Cowpea Seeds Stored with Neem and Moringa Seed Oils. *World Journal of Agricultural Sciences* 9 (2): 155-160, 2013. ISSN 1817-3047.

90. Inge de Groot, 2004. La protection des céréales et des légumineuses stockées. *Fondation Agromisa, Wageningen, 2004 CTA.* p.24

91. ISRA, ITA, CIRAD., 2005. Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. p.530

J

92. Jaikanth C. M., Venkateswaran K. V., Selvasubramanian S. and Sesh P. S .L., 2013. Screening of anti-oxidant potential of aqueous extract of *Crataeva religiosa* against paracetamol induced hepatotoxicity in wistar rats. *Tamilnadu J. Veterinary & Animal Sciences* 9 (1) : 82 – 87

93. Jakai L. E. N., & Asante., 2001. A case for the standardization of protocol used in screening cowpea, *Vigna unguiculata* for resistance to *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidea), *Journal of Stored Products Research*, 39: 251-263.

94. Jaloux B., 2004. La discrimination interspécifique par *Eupelmus vuilleti* (Hymenoptera: Eupelmidae) des hotes parasites par *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Tours.* p. 213

95. Jayakumar M., 2010. Oviposition deterrent and adult emergence activities of some plant aqueous extracts against *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Biopesticides* 3 (1) : 325-329.

96. Jonhson C. D. & Kister R. A., 1987. Nutritional ecology of bruchid beetles. Offprints from nutritional ecology of insects, mites and spiders. *Ed. Dr Frand Slandsky Jr and Dr J. Rodriguez ;* p: 259-282.

97. Jourdheuil P., Grison P. et Fraval A. La lutte biologique : un aperçu historique *Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA* 15 : 24

K

98. Kamal Aïboud., 2012. Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* et impact des traitement sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*. *Mémoire de Magister en biologie et écologie des populations et des communautés, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (Algerie).* p. 83

99. **Kandji S. T., 1996.** Optimisation de l'utilisation du neem dans la protection des stocks de semences de trois légumineuses contre espèces de bruches du genre *Caryedon* (Coléoptère, Bruchidea). *Mémoire d'ingénieur Agronome ENSA de Thiès*, p. 46
100. **Katamsadan H. T. Elias N. N., Detlef U. et Cornel A., 2014.** Effect of drying regime on the chemical constituents of *Plectranthus glandulosus* leaf powder and its efficacy against *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 5(1) : 80-91
101. **Kayombo M. A., Mutombo T. J. M., Somue M. A., Muka M. P., Wembonyama O. M., Tshibangu B. K. E., Kaboko K. J., 2014.** Effet de la poudre de Basilic (*Ocimum basilicum*) dans la conservation des graines de Niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en stock contre *Callosobruchus maculatus* F. à Mbuji-Mayi (RD. Congo). *Congo Sciences* 2(2) : 61-66
102. **Kébé S. B., 2004.** Etude de l'activité biologique de produits bruts et d'extraits de *Boscia senegalensis* (PERS.) LAM ex POIR. Sur *Caryedon serratus* (OL), ravageurs des stocks d'arachide. *Mémoire de DEA de Chimie et Biochimie des Produits Naturels*.
103. **Kellouche Abdellah, Soltani Nourudine, 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International Journal of Tropical Insect Science* 24(1): 184-191.
104. **Kéita M., Vincent C., Schmit J. P., Arnason J. T., & Bélanger A., 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidea), *Journal of Stored Products Research*, 37 (4) 339-349.
105. **Kerharo J., & Adam J. G., 1974.** La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes toxique. *Ed Vigot Frères, Paris*, p. 1011.
106. **Ketoh G. K., Glitho I. A., Nuto Y., Koumaglo H. K., 1998.** Effets de six huiles essentielles sur les œufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : bruchidae). *Medicine et Sciences, Revue CAMES Volume W 00 – 1998* :16-2
107. **Ketoh G. K., Koumaglo H. K., Glitho, 2004.** Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidea) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Stored Products Research* 41(4): 363-371.

- 108. Kiendrebeogo M., Ouedraogo A. P., Nacoulma O. G., 2006.** Activités insecticides de *Striga hermonthica* (Del) Benth (Scrophulariaceae) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coléoptera : Bruchidae). *Biotectnol. Agron. Soc. Environ* 10(1): 17-23.
- 109. Kone A., 2010.** Effets de l'incorporation du tourteau de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) à faibles doses dans l'aliment et dans la litière sur les performances zootechniques et l'état sanitaire du poulet de chair. *Thèse de doctorat Ecole Inter - Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, UCAD.* p. 100.
- 110. Kosma P., 2013.** Bioefficacité de la poudre de graines et de feuilles de *Melia azedarach* sur *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae), ravageurs de niébé (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en stockage. *AGRAR-2013: 1st conference of African research on agriculture, food, and nutrition, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire*
- 111. Kosma P., Roméo B., Bouba D., Bouba A. A., Goudoum A., 2014.** Bioefficacy of the powder of *Melia azedarach* seeds and leaves against *Callosobruchus maculatus*, on cowpea seeds (*Vigna unguiculata*) in storage. *Journal of Agricultural Research and Development* 5(4): 072-078
- 112. Kossou D. K., Atachi P., Zannou T. E. & Bougourou S., 2007.** Evaluation de l'activité insecticide de deux plantes *Hyptis suaveolens* (Linn) et *Khaya senegalensis* (A. Juss) sur les insectes ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Sciences & Nature* 4 (1) : 17 – 26
- 113. Kouassi B., 1991.** Influence de quelques facteurs extérieurs sur le cycle de développement de *Sitiphilus orizae* (Coleoptera : Cucurlionidae). *Thèse de doctorat 3^{ème} Cycle*, p.105
- 114. Koubala B. B., Miafo A-P. T., Bouba D., Kamda A. G. S. and Germain Kansci., 2013.** Evaluation of Insecticide Properties of Ethanolic Extract from *Balanites aegyptiaca*, *Melia azedarach* and *Ocimum gratissimum* leaves on *Callosobruchus maculatus* (Coleptera: Bruchidae). *Asian Journal of Agricultural Sciences* 5(5): 93-101

L

- 115. La nouvelle Tribune, 2009.** Le triple ensachage du niébé en Afrique de l'Ouest. *Ecrit par la rédaction, jeudi 10 septembre 2009.* p. 4
- 116. Lale N. E. S., Abdulrahman, 1999.** Evaluation of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil obtained by different methods and neem powder for the management

of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea 35(2): 135-143.

117. **Lale N. E. S., Mustapha A., 2012.** Potential of combining neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil with varietal resistance for the management of the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Stored Products Research* 36 (2000) 215-222
118. **Latifou Lagnika, Eugenie Anago, Menonvè Atindehou1, Brice Adjahoutonon, Karim, 2011.** Antimicrobial activity of *Crataeva religiosa* Forst against bacteria isolated from *Thryonomys swinderianus* Temminck. *African Journal of Biotechnology*. 10(49): 10034-10039
119. **Le Ru Bruno, 1989.** Lutte biologique contre les ravageurs. *Conférence de l'ORSTOM, Brazaville, 1989*.p.38-40
120. **Lebreton Sébastien, 2009.** Stratégies de ponte en situations de compétition chez une guêpe parasitoïde. *Thèse de doctorat de l'Université François Rabelais de TOURS*. p. 145
121. **Lienard V. et Seck D., 1994.** Revue des methodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: bruchidae), ravageur des graines de niebe (*Vigna unguiculata* (L.) walp) en Afrique Tropicale. *Insect Sci. Applic.* 15(3) : 301-311.
122. **Lienard V., Seck D., Lognay G., Gaspar C., Severin M., 1993.** Biological activity of *Cassia occidentalis* L. against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 29(4): 311-318.

M

123. **Mahgoud S. M., 1992.** Neem seed extract and powders as grain protectants to cowpea seeds againts the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* Fab. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 70: 487-496.
124. **Mahgoud S. M., 1995.** Effect of neem leaf extract and powders againts the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera, Bruchidea). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 73 : 1001-1007.
125. **Malou A., 1999.** Evaluation de l'activité biologique des produits bruits et d'extraits végétaux sur les bruches du niébé et de l'arachide. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, p. 35
126. **Marechal R., Masherpa J. M., Stainier F., 1978.** Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (*Papilionaceae*) sur la base

- de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera*, 28 : 1-273.
127. **Mbata G. N., & Ekpendu O. P., 1992.** The insecticidal action of four botanicals against three storage beetles. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 57 (3A): 723-733.
128. **Mbaye N. N., Sarr M., Ndiaye A. G., Samb A, Sembène M., (2014).** Repulsive and biocide activities of leaves powder of *Crataeva religiosa* (Forst) on *Dermestes spp.* associated with the salty smoked-dried fish. *International Journal of Biosciences* 4 (1): 306-312.
129. **MEA/SIFOR (Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement République du Mali. 2009.** Répertoire des espèces forestières ligneuses des régions de Mopti, Tombouctou et Gao, Rapport final, Bamako, décembre. p. 181
130. **Meric K. 2005.** Études sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)), *Thèse Doc, sciences forestières. Univ. Laval.*
131. **Mikolo B., Massamba D., Matos L., Lenga A., et Mbani G., Balounga P., 2007.** Conditions de stockage et revue de l'entomofaune des denrées stockées du Congo Brazzaville. *Journal des Sciences* 7(1) :30-38
132. **Mitchell Roger., 1975.** The evolution of oviposition tactics in the bean weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.). *Ecology* 56: 696-702
133. **Moumouni D. A., Doumma A. et Sembene M., 2013.** Influence des zones agroécologiques sur les paramètres biologiques de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera-Bruchidea), ravageurs des graines du niébé (*Vigna unguiculata* Walp.) au Niger. *International Journal Biological Chemical Sciences* 7(5): 1866-1876
134. **Mukendi R. T., Munyinga K. Y., Nyembo D. N. Ilunga M., Kazadi J. N., et Djamba O. E., 2013.** Effet de l'huile de palme dans la préservation du niébé en stock contre *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae) en milieu rural dans la région de Kabinda (RDC). *Journal en Ligne de l'ACASTI et du CEDESURK.* p. 5
135. **Murdock L. L., Shade R. E., Kitch L. W., Ntourkam G., Lowenberg-Deboer J., Huesing J. E., Moar W., Chamblis O. L., Endondo L., Wolfson J. L., 1997.** Post-harvest storage of cowpea research. *Copublication of IITA and JIRCAS:* 303-312.
136. **Mohamed H., Madkour Ahmed, Zaitoun A., Fatma A., Singer., 2012.** Efficacy of three plant species extracts in the control of *Trogoderma granarium* Everts

(Coleoptera: Dermestidae) Journal of Food, Agriculture & Environment 10 (2): 1200-1203.

N

- 137. Nadkarni A. K. C., 1979.,** Indian Materia Medica, Popular publication Pvt. Ltd, Mumbai.
- 138. Ndiaye A., 2009.** Caractérisation génétique par PCR-RFLP de deux insectes bruchidea : *Callosobruchus maculatus* FAB.et *Bruchidius atrolineatus* PIC. Ravageurs des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* L.WALP). Mémoire de diplôme de Masters 2 en Biologie Animale, spécialité : Génétique des Population, Université de Dakar, p. 29
- 139. Ndiaye M., 1996.** Essai de pré vulgarisation du Niébé en milieu paysan dans les zones Nord et Centre Nord du Sénégal. Etudes et documents de l'ISRA/UNIVAL. 5 (2) : 27.
- 140. Ndiaye S., 1991.** La bruche de l'arachide dans un agrosystème du Centre Ouest du Sénégal : Contribution à l'étude de la contamination en plein champ et dans les stocks de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) par *Caryedon serratus* (Ol) (Coléoptère, bruchidea) ; Rôle des légumineuses hôtes sauvages dans le cycle de cette bruche. Thèse Université de Pau et des Pays de l'Adour, p. 96
- 141. Ndong A., Kébé K., Thiaw C., Diome T. and Sembène M., 2012.** Genetic distribution of the cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp) bruchid (*Callosobruchus maculatus* L., Coleoptera, bruchidae) populations in different agro-ecological areas of West Africa. *J Anim Sci Adv* 2(7): 616-630
- 142. Ndoutoume-Ndong A., et Rojas-Rousse D., 2007.** Y'a-t-il élimination d'*Eupelmus orientalis* Crawford par *Eupelmus vuilleti* Crawford (Hymenoptera : Eupelmidea) des systèmes de stockages du niébé (*Vigna unguiculata* Walp). *Annales de la société entomologique de France*, 43 : 139-144.
- 143. Ndoutoume-Ndong A., et Rojas-Rousse D., 2008.** Rôle de l'intensité lumineuse sur les capacités parasitaires d'*Eupelmus orientalis* Crawford et *Eupelmus vuilleti* Crawford, parasitoïdes des Bruchidea ravageurs de graines de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, p. 36-8.
- 144. Nebie Bélibié., 1992.** Etude de quelques éléments de lutte intégrée contre les punaises suceuses de gousses de niebe (*Vigna unguicula* (l) Walp) a la station de recherches agricoles de kamboïnse. *Memoire de fin d'etudes diplôme d'fflgenieur du developpement rural option: agronomie.* p. 85

145. **Ngamo T. S. L. et Hance T., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, 25(4): 215-220.
146. **Ngamo T. S. L., Ngassoum M. B., Mapongmetsem P. M. et Noudjou W. F., 2007.** Use of Essential Oils of Plants as Protectant of Grains during Storage. *Agricultural Journal* 2 (2): 204 – 209.
147. **Ngozichukwuka Peace Igolia, Alexander I Graya, Carol J Clementsa, John O Igoli., 2012.** Scientific Investigation of Antitrypanosomal Activity of *Crateva Adansonii* DC Leaves Extracts. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(3): 226-229
148. **Nyamador S. W., Ketoh G. K., Koumaglo H. K., Satu Pauku I. A. et Kotiaho J. S., 2008.** Female Oviposition decisions and their Impact on progeny life-history traits. *J Insect Behav* 21:505–520

O

149. **Odah B. K., 1995.** Impact du développement de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) sur les graines de trois variétés de *Vigna unguiculata* L. Walp. Thèse de D.E.A., Université du Bénin, Lomé-Togo p. 67
150. **Odeyemi O. O. et Ashamo M. O., 2005.** Efficacy of neem plant (*Azadirachta indica*) extracts in the control of *Trogoderma granarium*, a pest of stored groundnuts. Efficacy of seed powder and extracts of *azadirachta*. *Journal of Plant Diseases and Protection* 112 (6): 586–593
151. **Okumu F. O., Knols B. G. J. and Fillinger U., 2007.** Larvicidal effects of a neem (*Azadirachta indica*) oil formulation on the malaria vector *Anopheles gambiae* *Malaria Journal* 6: 63
152. **Olbayo F. M, Port G. R. 1997.** The efficacy of harvest time modification and intercropping as methods of reducing the field infestation of cowpeas by storage in bruchids. *Kenya* 33(4): 271-276.
153. **Orwa et al. 2009.** *Azadirachta indica*, neem. *Agroforestry Database 4.0*. p. 8.
154. **Ouali-N'goran S. W. M., Boga J. P., Johnson F., Tano Y. and Fouabi K., 2014.** Influence of dietary factors of five varieties of beans sold in Côte d'Ivoire on some biological parameters of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) Coleoptera, Bruchidae. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(1): 3251-3262
155. **Quantinam S. F. B., Amevoin K., Nuto Y., Monge J. P. & Glitho I. A., 2006.** Comparaison de quelques caractéristiques biologiques entre *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera: Pteromalidae) élevé soit sur son hôte habituel *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) soit sur *Acanthoscelides macrophthalmus*

Schaef. ou *Bruchidius lineatopygus* Pic. identifiés comme hôtes de substitution. *TROPICULTURA*, 24 (2): 101-106

- 156. Ouedraogo P. A., 1991.** Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidea), son importance sur la biologie de cette insecte. Thèse Doctorat. Univ. Tours (France), p. 167
- 157. Ouedraogo P. A., Sou S., Sanon A., Monge J. P., Huignard J., Tran B., Credlang P. F., 1996.** Influence of temperature and temperature and humidity on population of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) in two climatic zones of Burkina Faso. *Bulletin of Entomology Research*. 86: 695-702.
- 158. Oumarou R. C., Diallo B. A. et Monge J. P., 2010.** Relations tritrophiques entre *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus* et parasitoïdes associés. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 67 : 1-8
- 159. Oumarou R. C., Diallo B. A., et Monge J. P., 2010.** Relations tritrophiques entre *Vigna unguiculata*, *Callosobruchus maculatus* et parasitoïdes associés. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* Numéro 67

P

- 160. Paranagama P. A., Adhikari A. C. K., Abeywickrama K. B. and Bandara K. A. N. P., 2003.** Evaluation of Volatile constituents of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) leaf extracts against *Callosobruchus maculatus* (F.) *Journal of Plant Diseases and Protection*. 112 (6): 586–593
- 161. Pasquet R. S., 1996.** Wild cowpea (*Vigna unguiculata*) evolution. In: Advances in legume systematics. 8. Legumes of economic importance, B. Pickersgill et B. M. Lock éd., Kew, Royaume-Uni, Royal Botanic Gardens. p : 95-100.
- 162. Pasquet R. S., Baudoin J. P., 1997.** Le niébé, *Vigna unguiculata* (L). Walp. In : L'amélioration des plantes tropicales. ed. A charrier, M. Jacquot, S. Hammon, D. Nikolas, Cirad-Orstom, Montpellier, France. p : 483-505
- 163. Perrier J. J., 2009.** Des épines dans la paix entre les sexes. Chez certains insectes, l'organe sexuel des mâles est recouvert d'épines qui blessent les femelles lors de l'accouplement. Pourquoi de telles armes sexuelles ont-elles été sélectionnées par l'évolution ? Journaliste à *Pour la Science*. Article de presse réalisé par Ecedi.

R

- 164. Radha R. et Murugan K., 2011.** Bioefficacy of plant derivatives on the repellency, damage assessment and progeny production of the cowpea weevil,

Callosobruchus maculatus (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Internet Journal of Food Safety, (13): 115-123.

165. **Rahman A. and Talukder F. A., 2005.** Bioefficacy of some plant derivatives that protect grain against the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science* 6(3):1-10
166. **Raja M. et William J. S., 2008.** Impact of volatils oils of plants againts the Cowpea Beetles *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidea). *International journal of Integrative Biology*, 2 (1): 62-64.
167. **Raja M., William S. J., Hussain K. J., 2009.** Genetic diversity of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) Coleoptera: Bruchidea) populations. *International Journal of Interrogative Biology*. 8(1): 15-18
168. **Rajapakse R. H. S. et Ratnasekera D., 2008.** Pesticidal potential of some selected tropical plant extracts against *Callosobruchus maculatus* (f) and *Ccallosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). *Tropical Agricultural Research & Extension*, 08(11): 69-71.
169. **Rose de Lima F. Houinsou, Euloge S. A., Edwige D. A., Dominique C. K., Sohounhloué, and Mohamed M. Soumanou., 2014.** Caractéristiques biochimique et sensorielle du niébé (*Vigna unguiculata*) conserve au moyen des huiles essentielles extraites de plantes de la famille des Myrtaceae. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. p: 428-437
170. **Rotimi J. and Evbuomwan C. O., 2012.** Deterrent effects of citrus peel oils on oviposition and adult emergence of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*, 3 (6): 3545-3550.

S

171. **Saiful Islam M., 2010.** Repellency of two monoterpenoids and neem oil against *Callosobruchus maculatus* (F.). *Univ. J. Zool. Rajshahi. Univ.* 28 : 41-44
172. **Sankara F., Dabire L. C. B., Dugravot S., Cortesero A. M. et Sanon A., 2012.** Capacités de discrimination des femelles de quatre souches de *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptera : Chrysomelidae, Bruchinae) pour la localisation de l'hôte et la ponte aux dépens d'hôtes secondaires. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(3): 1303-1315
173. **Sapkota, J., 2003.** *J. of Appl. Biomed.*, 1:7-12.
174. **Sanon A., Auger J. et Huignard J., 2002.** Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoïd *Dinarmus basalis*. *J. of stored Prod. Res.*, 38 : 129-138.

175. **Sarr M., 2010.** Etude de l'effet biocide de *Crataeva religiosa* FORST. (Capparidaceae) sur *Dermestes maculatus* et *Dermestes frischii*, (Coleoptera-Dermestidae) principaux déprédateurs du poisson séché : Résultats préliminaires. Mémoire de Masters 2 de Biologie Animale, spécialité Entomologie, Université de Dakar, p. 34
176. **Satti A. A., Ellaithy M. E. and Mohamed A. E., 2010.** Insecticidal activities of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seeds under laboratory and field conditions as affected by different storage durations. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(5):1001-1008
177. **Sawadogo F., 2004.** Etude de la résistance de lignée de niébé (*Vigna unguiculata*) et effet des extraits végétaux vis-à-vis de la punaise suceuse des gousses de *Clavigralla tomentosicollis*. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, p. 42
178. **Schmutterer H., 1995.** (eds.), The Neem Tree, *Azadirachta indica* A. Juss and other Meliaceous Plants. VCH: Weinheim.
179. **Seema Sood, Pajni H. R., 2006.** Effect of honey feeding on longevity and fecundity of *Uscana mukerjii* (Mani) (Hymenoptera: Trichommatidae), an egg parasitoid of bruchids attacking stored products (Coleoptera: Bruchidae) 42(4): 438-444.
180. **Seck D., 1991.** Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé en milieu paysan. *SAHEL PV INFO* 33: 15-30.
181. **Seck D., 1992.** Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé en milieu paysan. Lutte intégrée. In : Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le sahel. *Institut du sahel. Edition John Libbey Eurotext*, France, p : 328-335.
182. **Seck D., 1994.** Développement de méthodes alternatives de contrôle des insectes ravageurs au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, p.192
183. **Seck D., Lognay G., Hambrudge E., Marlier M., Gaspar C. et Severein M., 1993.** Biolocal activity of the shrub *Boscia senegalensis* Lam. (Capparidaceae) on stored grain insects. *J. Chem. Ecology*, 29 : 377-389.
184. **Seck D., Sidibe B., Haubruge E. & Gaspar C., 1991.** La protection des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en milieu rural: Utilisation de

différentes formulations à base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) provenant du Sénégal. *Meded Fac Landbouwwet. Rijkuniv Gent*, 56 (3b): 1217-1224.

- 185. Seck D. & Gaspar C., 1992.** Efficacite du stockage d,u niebe (*Vigna unguiculata* Walp.) en futs metalliques hermetiques comme methode alternative de contrôle de *Callosobruchus maculatus* F. (col. bruchidae) en Afrique sahelienne. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 57(3a) : 51-58
- 186. Singh B. B. et Singh S. R., 1992.** Sélection du niébé résistant aux bruches. *La recherche à l'IITA*, N°5 Septembre p: 1-5.
- 187. Singh Ravinder., 2011.** Evaluation of some plant products for their oviposition deterrent properties against the *Callosobruchus maculatus* (F.) on Chik pea seeds. *Journal of Agricultural Technology* 7(5): 1363-1367
- 188. Shara O. W. M., Reuben, Masunga M., Makundi R., Misangu R. N., Kilonzo B., Mwatawala M., Lyimo H. F., Ishengoma C. G., Msuya D G. and Mulungu L. S., 2006.** Control cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* L.) in stored cowpea (*Vigna unguiculatus* L.) grains using botanicals. *Asian journal of plant sciences* 5 (1) : 91-97
- 189. Sharma Shashi Bala, Rana Anita and Chauhan S. V. S., 2005.** Reproductive biology of *Crataeva religiosa* Forst. *CURRENT SCIENCE* 90 (5) : 716-720
- 190. Shashi Bala Sharma, Anita Rana and S. V. S. Chauhan., 2006.** Reproductive biology of *Crataeva religiosa* Forst *Current science*, 90(5):
- 191. Shwu-Bin Horng., 1994.** What Is the Oviposition Decision Rule by Bean Weevil, *Callosobruchus maculatus*? *Zoological Studies* 33(4): 278-286
- 192. Southgate B.J., 1979.** Biology of Bruchidea. *Ann. Rev. Entomology* 24 : 449-473.

T

- 193. Tani Z. B., Bendahou M. et Khelil M.A., 2010.** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algerie *Lebanese Science Journal*, 11 (1) :55-68
- 194. Teugwa M. C., Piam G., Tane P. et Amvam Zollo P. H., 2002.** Activité insecticide des extraits d'*Ageratum houstonianum*, de *Clausena anisata* et de *Croton macrostachyus* sur la bruche du niébé (*Vigna unguiculata* Walp). *Food Africa: Improving Food Systems in sub-Saharan Africa: Responding to a Changing Environment* : 1-4

- 195. Thiaw C., 2004.** Effet ovicide et adulticide de *Calotropis procera* AIT. et de *Senna occidentalis* L. sur *Caryedon serratus* (OL), ravageur des stocks d'arachides. Mémoire de D.E.A. de Chimie et Biochimie des Produits Naturels, Dakar, p. 77
- 196. Thiaw C., Guèye Ndiaye A., Samb A., and Sembène M., 2007.** Ovicid and adulticid effects of powders and extracts of *Calotropis procera* AIT. and of *Senna occidentalis* l. on *Caryedon serratus* (OL.) destroyer of groundnut stocks *Journal of Science* 7(3): 1-15
- 197. Thiaw C., 2008.** Bioactivité des extraits de *Calotropis procera* ait. et de *Senna occidentalis* l. sur *Caryedon serratus* (Ol.), ravageur des stocks et semences d'arachide au Sénégal. *Thèse de doctorat de troisième cycle de Chimie et Biochimie des Produits Naturels.* p. 196
- 198. Toufique B. M., Moumouni D. A., Kadidjatou H. H. and Doumma A., 2014.** Etude de quelques facteurs influençant l'efficacité de l'activité insecticide de *Boscia senegalensis* Lam (Ex. Poir) dans le contrôle de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera-Bruchinae), ravageur du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 8 (1): 320-327
- 199. Tonessia C., Wade M., Cissé N., Aké Severin., 2009.** Caractérisation de *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke du Sénégal : réactions de plusieurs cultivars de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Journal of Applied Biosciences* 24: 1462 – 1476

U

- 200. Uddin H, R. O. and Adesiyun, A. A., 2012.** Laboratory Investigation on Oviposition and Development of *Callosobruchus maculatus* (F.) on Four Varieties of Cowpea. *Agrosearch* 12 (1): 31 – 36.
- 201. Udaysing Hari Patil and Gaikwad D. K., 2011.** Medicinal Profile of a Sacred Drug in Ayurveda: *Crataeva religiosa*. *Journal of pharmaceutical Sciences and Research.* 3(1): 923-929.

V

- 202. Vashishtha V. M., Vashishtha, Amod Kumar, Jacob John T., Nayak N. C., Nayak N. C., 2007.** *Cassia occidentalis* poisoning as the likely cause of hepatomyoencephalopathy in children in western Uttar Pradesh Indian J Med Res 125: 756-762.
- 203. Vincent C. & Panneton B., 2001.** Les méthodes de lutte physique comme alternative aux pesticides. *Revue en sciences de l'environnement*, 2(2): 1-6.

W

- 204. Wahedi, J. A., David L. D., Edward A., Mshelmbula B. P. & Bullus Z., 2013.** Efficacy of seed powder and extracts of *Azadirachta indica* linn (Meliaceae) at

graded levels on adult *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in mubi, north-eastern Nigeria. *International journal of science and nature*. VOL. 4(1) : 138-141

- 205. Williamson, M., 2002.** Meior herbs of Ayurveda., Churchill Livingston publication, *Elsvier Sci., Ltd*, p: 111-116.

Y

- 206. Yehouenou A., 1998.** Protection phytosanitaire du niébé : nombre de traitements chimiques pour un bon rendement. *Bulletin de la Recherche Agronomique* 23: 32-47

Z

- 207. Zehrer W., 1984.** The effect of traditional preservation used in Northern Togo and neem oil for control of storage pests, p: 453-460.

Webographie

www.IITA.org

www.infonet-biovision.org

www.plantesdusud.com

www.aspro-pnpp.org

www.summagallicana.it

Annexes : Publications

First investigation of different *Crataeva religiosa* Forst formulations on the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) seed-beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius.

Pesticide effect of *Crataeva religiosa* on *Callosobruchus maculatus*

Ablaye FAYE

Department of Animal Biology,
University Cheikh Anta Diop, Faculty of Sciences and
Technology, Dakar, Senegal
E-mail: fablaye82@yahoo.fr

Cheikh THIAW

Department of Entomology
Regional Centre for Studies on the Improvement
of Plant Adaptation to Drought (CERAAS) Thiès,
Senegal

Absa GUEYE-NDIAYE

Department of Animal Biology,
University Cheikh Anta Diop, Faculty of Sciences and
Technology, Dakar, Senegal

Mbacké SEMBENE

Department of Animal Biology,
University Cheikh Anta Diop, Faculty of Sciences and
Technology, Dakar, Senegal

Abstract— *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) is the most dangerous ravager of stocked cowpea. A laboratory study aims at assessing the biocides capacities of *C. religiosa* (Capparidaceae) in the other side of *C. maculatus*. Three formulations of leaves-based of this plant have been used. The contact of grinded leaves of *C. religiosa* with the adults leads to a death rate of 100% at the twelfth hour with dose of 0.0218g/cm³. This same dose has a biocide effect that can be compared to the first on with 90% of mortality for eggs of this insect and provokes then a very important reduction of adult sprouting from seeds. Fumigation tests reveal some adulticide effects (100%) and ovicide (86.49%) very interesting with the dose of 0.02912g/cm³. The watery extract of leaves powder is applied on the two sents of adults of *C. maculatus* and on the eggs. Some ovicide effects of 57.7% have been registered with the concentration 0.1g/cm³ of watery extract. This same concentration fosters some mortality of 100% at the seventh and ninth day respectively for adults of long-flight shape and the adults of normal shape. The molecules responsible for the adulticide effects and ovicide effects have not been identified.

Keywords—*Callosobruchus maculatus*, *Vigna unguiculata*, *Crataeva religiosa*, ovicidal, adulticidal, contact, fumigation, water extract.

I. INTRODUCTION

The West African people, who are farmers in majority, have the difficulties to get the protein which come from animals which are very expensive. They turn to the protein which come from vegetables. According to the FAO the research of source of protein and energy of high quality which is cheap has since longtime interested african government and the organization implied in the problems

of food and nutrition [16]. The vegetable are very rich of protein, their seeds have content more than 20% more sometimes than 30%. Cowpea is one of the vegetable which is the richest of protein. It estimate 20 to 25% of his dry weigh [2] Cowpea has an important role among cereal, then it constitute an important food during the dry season and soldering when there is a want of basic foodstuff.

During the conversation, many loss were noted, after the devastate of stocked insects such as *Callosobruchus maculatus*, the main devastator of stock cowpea (*V. unguiculata*) and comonly called the bruche of cowpea. Out of all treatment 30% harvesting may be damage in six months of stocking [31] and then this affect to the security of the food of the farmers people. 90% of seeds of cowpea may be damaged in six months of stocking [40]. She devastate of cowpea stocked by *C. maculatus* favor the development of the moulds and others parasites. Finally, the effect added to the different damage can make 100% of economic loss, because with the level of 20 to 30%, the economic are 100% [33].

The insecticide of synthesis has occupied since a longtime the place of the protection of the foodstuff against the devastators such as insect. The bad effects caused by the population, of about and their cost which is very high oblige the traders to go and see the light of traditional technique. And for this fact many studies were done by the scientific about the trees to test their toxicity of the devastators. The use substance coming from vegetable rich of properties of insecticide has caused many research to reduce the loss done by the devastators insects and particular *C. maculatus* on the stock of cowpea [3].

This study follows the way to protect cowpea and we use different formulations (contact, fumigation and watery extract) made of leaves of *Crateva religiosa* Forst to opposition to of *C. maculatus*.

II. MATERIAL AND METHOD

A. Harvest and conservation

The strain of *C. maculatus* used in the experimentation come from a infested cowpea, brought from the market organized every Saturday in Sandiara (Department of Mbour, Senegal). The seeds of cowpea used for breeding and also for support biologic trials are abandoned of all (infestation) in journey long of (96h) freezer.

The vegetal organs used are leaves of *C. religiosa*. These are harvestings early the morning before the sun rises at the surrounding at the department of the biology of animal at sciences and technique faculty in the University of Cheikh Anta Diop of Dakar. The harvestings are done in January and February. After harvesting a part of the leave are quickly used to do tests of fumigation and contact the other part is make dry out of the sun in the magazine of Entomology laboratory and Acarology of the faculty of sciences. After making it dry, the leave are transformed in powder and then conserved in jar in glasses this powder will use for the watery extract for biologic tests.

B. Breeding of stump of cowpea

The breeding of the bruchid *C. maculatus* has been realized in bowl of glass (10,5cm high of 8cm diameter on the seeds of cowpea of the variety baay Ngagne. In every jar, we insect seeds of cowpea up to the base become totally hidden and an adequate number of insect males and female. After 24 hours of contact with the seeds, the bruchid were got back. The infested seeds are now followed and the adults which will emerge are used to test theme adulticide, or to maintain the breeding of masse. Of this way the stump of the *C. maculatus* to the laboratory.

C. Test of contact

The leaves of *C. religiosa* used to test them of the contact are harvested early the morning. They are then ground in a mortar and insert in bowls of 10,5cm of diameter and 8cm of high which the lids netted. In every bowl, 12 adults of *C. maculatus* that we don't know the sex are realized. The weight of leaves used are: 1g, 2g, 4g, 8g, 16g. For every weight three repetitions are done and a white witness follows always the witness. For each repetition, the ground leave and the insects are mingled in the same bowl. The died bruchid are counted in a interval of 6 hours during the 12 first hours and at the end of the 12 following hours during the first day and all the 24 hours for the following days.

The bruchid which we touch their legs do not move their legs nor feeler are counted died.

The ovicide's test are realized with the same process. For the eggs, we process to a discount of the hatching eggs or not the hatching eggs. This happens 2 weeks after introduction of the broken leave and the seeds containing an eggs in the jar. For this, the rest of the hatching eggs or the not hatching eggs are moved of the teguments and then the seeds are broken to see the statement of the grubs if they exist.

This process permits us to calculate the embryonic death rate by this following rule.

ME= the number of eggs none hatched multiplied with 100 and divided by the total number of eggs. This parameters is given in percentage and corrected the following formula of Abbott.

CM= $(OM-WM) \times 100 / (100-WM)$; CM= corrected mortality; OM= observed mortality; WM= witness mortality. This same formula is also used to quantify the death rate of adults.

The results will be represented graphic and table.

D. Test of fumigation

The fresh leaves of *C. religiosa* harvested early the morning are broken by the same process that previously.

The grindness is automatically make in small jar of (8cm of diameter and 5cm of height) made of netting roffing. Each jar is make in a big jar of (10,5cm of diameter and 8cm of height) containing 12 adults of *C. maculatus* that we don't identify their sex. After introduction, each big jar is quickly shut with lid without net and it reinforced with scotch so that the fumigant substance could not escape. For each weight of the used leave, 3 repetitions are done and white witness without broken leave the jar are hermetically shut and keep in laboratory. The death insects are counted in interval of the 12 following hours. The which don't move their feeler and their legs are counted after agitation. The weight of the used leave is the same with those of the contact test (1g, 2g, 4g, 8g and 16g).

In the same ways that the previous are realized the ovicide tests. The seeds containing each of them an eggs are mixed and grounds o that every weight of the fresh leaves used with 3 repetitions and a white witness. The deduction is done 15 days after the introduction are counted the hatching eggs and or the no hatching eggs. For this the jar are opened and each seeds is kept so that we take off the no hatching eggs or the rest of the hatching eggs. After every seeds is cut to two part to see if the hatching grub is alive or died. That permit us to calculate the embryonic death rate by the rule of Abbott. The death rate are represented in graphic and table.

E. Tests with watery extract

The powder of *C. religiosa* leave has been used. We have proceeded to an extraction solid-liquid that the solvent which is used is the water of the tap. 200g of powder of leaves has been extracted with 1L of water of the tap. The gotten mixture was kept in fridge during 5 days to have an eventual fermentation to this mixture. At the end of 5 days of contact, the solution obtained is filtered with sieve reinforced with mousseline. The watery extract is conserved in bottle of 1L. And it is made in fridge and will used when it is needed. 3 solutions of different concentrations are obtained by this method.

$C_1 = 40\text{ml}$ of the solution obtained with the extraction (0,2g of powder/cm³)

$C_2 = C_1 + 20\text{ml}$ of the water of the tap (0,13g of powder /cm³)

$C_3 = C_1 + 40\text{ml}$ of the water of the tap (0,1g of powder /cm³)

Moreover, we have extracted 200g of powder of *C. religiosa* in 500ml of water of a tap ($C_4=0,4g/cm^3$) and then 200g of powder in 300ml of water of a tap ($C_5=0,67g/cm^3$).

• *Adulticides tests*

The treated adults come from the breeding. They are oldest the more 72 hours. In every box of Petri, and it made wattman papers with a micropipette of 1ml of solution prepared and inlaid out in homogenous manner on wattman paper and 12 adults without knowing their sex are put down their. 3 repetitions and 2 witness (white and solvent) are done for each given concentration. In the solvent witness we have laid out 12 adults, as for the white witness, we have made directly the grub adults on wattman paper. The death are counted every day. The death rate of the adults are calculate and corrected and then with the rule of Abbott. The results are exploited in graphics and charts and tests ANOVA are permitted us to make comparisons.

The results are represented in graphic chart and the test ANOVA permit us to do comparison.

III. RESULTS

A. *Ovicide effect*

The grinded leaves of *C. religiosa* for the tests of contact have caused an embryonic mortality of 70% to the fiercest doses, we register some mortalities of 73,33 to 90% (table1). The mortalities caused the different doses are statically equal ($p<0,05$).

Table 1: Percentage of corrected mortality of eggs for the tests of contact. The followed values in exponent of the same alphabetic letter are statically equal.

Doses	Corrected mortality of eggs (%)
D1 (0.00137g/cm ³)	70,00 ^a
D2 (0.00273g/cm ³)	90.00 ^a
D3 (0.00546g/cm ³)	83.33 ^a
D4 (0.0109g/cm ³)	73.33 ^a
D5 (0.0218g/cm ³)	90.00 ^a

For the fumigation tests, the results show that less than 50% of eggs of *C. maculatus* are hatched for both weakest doses while all the fiercest doses give some mortalities superior to 50% (table2). The mortalities caused by the strongest doses are statically equal and different from those caused by the three first doses ($p<0,05$).

• *Ovicides tests*

The adults older of 48 hours coming from the breeding, are make to lay on health seed of cowpea. The seeds are made on contact with couple of *C. maculatus*; 24 hours after contact, we have took off the adults and seeds and these are observed to the loupe molecular to see the eggs which laid out. If the seeds receive more than one egg, one only will be let there and the others will be picked out with supple pliers. The seeds will then splash with an micropipette of 1L of the solution of every given concentration by lot of 12 seeds containing each eggs. 3 repetitions and 2 witness (white and solvent) are done to every concentration, whereas for the solvent witness, we have splashed the seeds with the solvent (water) whereas the white, the seeds are not treated.

The observation of the results on the hatching rate shows that less than the eggs of *C. maculatus* are hatched. This ovicide action is valid for all the concentrations of the watery extract of powder of *C. religiosa* applied on the eggs of *C. maculatus*. We remark an eggs mortality more important with the smallest concentration (C_5) (table3). The mortalities caused by the three concentrations are statically equal ($p<0,05$).

Table 2: Percentage of corrected mortality of eggs for the tests of fumigation.

Doses (g/cm ³)	Corrected mortality of eggs (%)
D1 (0,00182g/cm ³)	49.95 ^a
D2 (0,00364g/cm ³)	36.94 ^a
D3 (0,00728g/cm ³)	50.54 ^a
D4 (0,01456g/cm ³)	72.97 ^b
D5 (0,02912g/cm ³)	86.49 ^b

Table 3: Percentage of corrected mortality of eggs for the tests with watery extract.

Concentrations (g/cm ³)	Corrected mortality of eggs (%)
C1 (0,2 g/cm ³)	50,02 ^a
C2 (0,13 g/cm ³)	53,86 ^a
C3 (0,1 g/cm ³)	57,70 ^a

B. Adulticide effects

The evolution of the ovicide effect of grinded leaves on the adults of *C. maculatus* shows an increasing toxicity related to the dose at the first 24 hours of the test. This trend does no longer exists at the forty eight hour of contact, where the weakest dose reveals mortalities (37,17), superior to those of both dose immediately superior, that show respectively 8,86% and 30,85 of mortality.

Only the highest dose give 100% of mortality, just after 12 hours of contact and the other doses D₁ (0,00137g/cm³), D₄ (0,0109g/cm³), D₂ (0,00273g/cm³) and D₃ (0,00546g/cm³) will give it respectively at the 144th, at 168th and at 192th hour of contact (figure1).

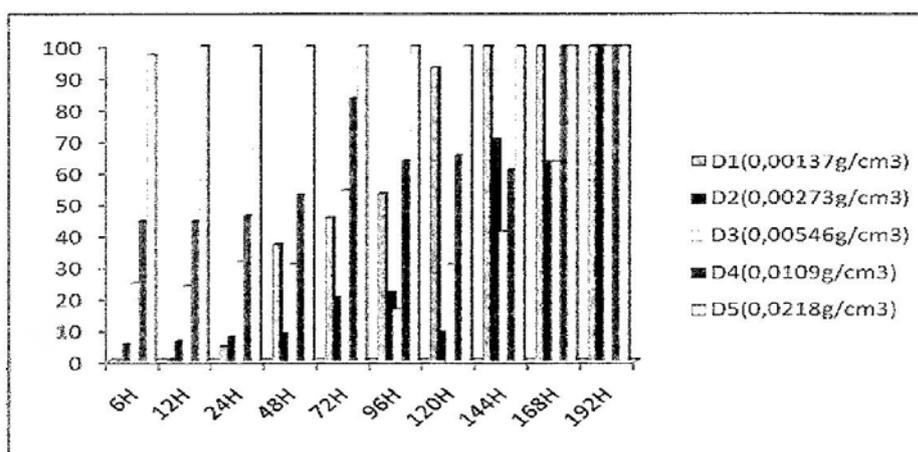


Figure 1: Percentage of corrected mortality of adults for the tests of contact.

During six hours of fumigation, we have noticed a mortality of 10,29% of adults with the lowest dose D₁ (0,00182 g/cm³) while the dose D₂ (0,0728 g/cm³) gives 77,93% of mortality. On the other hand, the doses D₃ (0,00728 g/cm³), D₄ (0,01456 g/cm³) and D₅ (0,02912 g/cm³) give 100% of mortality when exposed during six hours. The lowest dose presents some mortalities of 75% and 75,73% respectively in 12 and 24 hours of fumigation, at the moment when all the other doses reveal a mortality of 100%. Those values are meaningfully equal at p<0,05.

The watery extract applied to adults of long-flight shape has led to some mortalities at the day of application following all the concentrations with respectively 13,83%, 10,13% and 27,59% of mortality for the concentrations C₁, C₂ and C₃. This mortality trend continues at the second day and the trends are inverted from the third day of application. The highest concentration has gives 100% of mortality from the seventh day of application, at the moment when C₂ and C₃ present respectively 82,35 and 76,53% of mortality.

Those letters reveal respectively a mortality of 100% at 14th day and 15th day of application.

The figure4 reveals a mortality of normal shape adults from the first day of application with all the concentrations except C₁; the concentration C₃ shows more mortality at the first day with 17,14% while the others C₂ and C₄ and C₅ produce respectively 4,74% and 2,91% of mortality. At the 4th day, C₁ produce more mortality than all the others with 57,92% while the others concentrations C₂, C₃, C₄ and C₅ present respectively 6,7%, 16,7%, 26,7% and 23,33%. This evolution continues until the eighth day application, where C₄ shows 100% of mortality, while C₁ gives 100% of mortality at the ninth day; all the other concentrations give mortality of 100% at the tenth day of application.

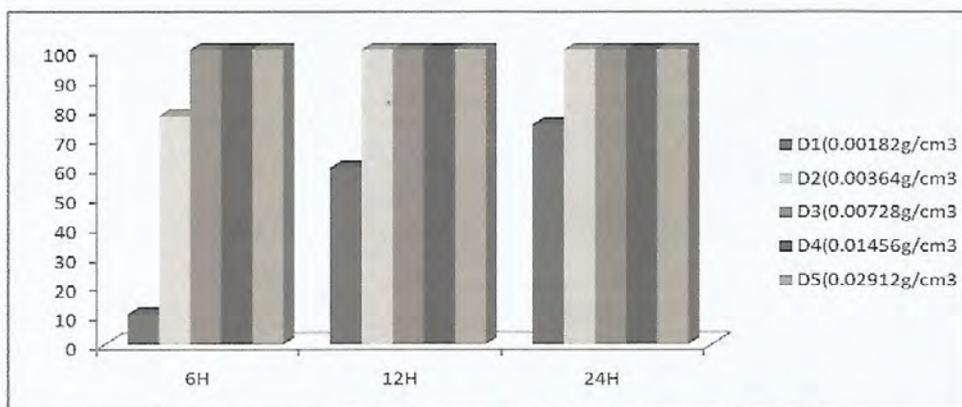


Figure2: Percentage of corrected mortality of adults for the tests of fumigation.

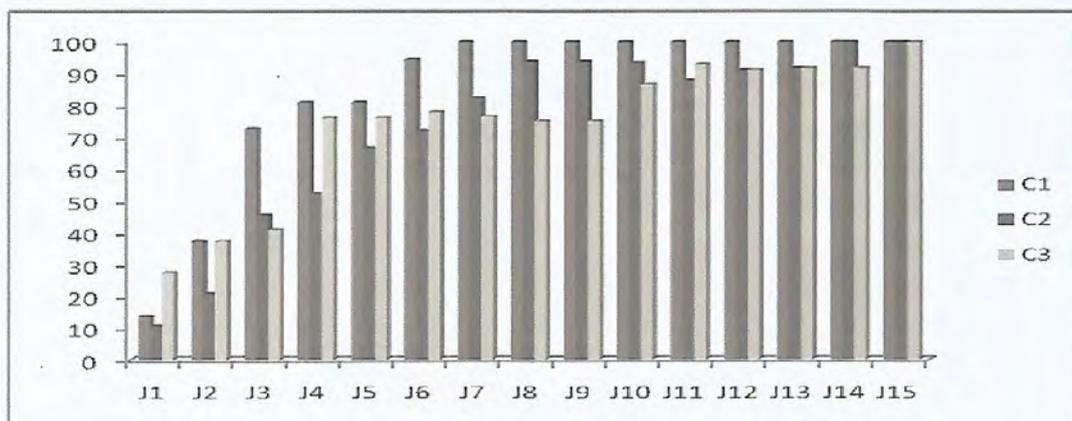


Figure3: Percentage of corrected mortality of adults of long-flight shape for the tests with watery extract.

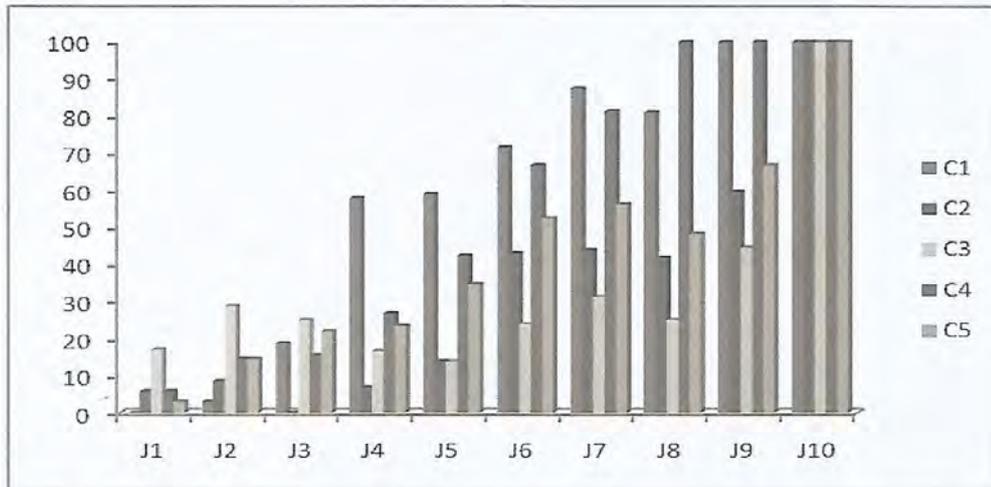


Figure 4: Percentage of normal shape adults mortality for the with watery extract.

II. DISCUSSION

Three process of trying of treatment are used in this work ; the contact and the fumigation by the fresh broken leaves of *C. religiosa* and the praying by the watery extract of the powder of the leaves of *C. religiosa*. These processes are applied to the extern form of *C. maculatus*, the adults and the eggs. The effectiveness of the tests is all the most different on the eggs than or the adults.

In fact for the dose is weaker, the death of 49, 95% of the eggs and 10,29% of the adults are observed during six hours of application, this for the tests of fumigation. With the test contact and application of watery extract, the death observed spread for the weakest dose of 70% of the eggs and of 0% of the adults for the test of the contact, wheatears the watery extract make a death of 17% of the adults of normal form and it is of 27, 59% for the adults for the sailing boat form on the first day of application. Thought the eggs, we observe the death of 57, 7% for the application of the watery extract with a weak concentration (C₃). During the firsts day of remark, the tests of watery extract, contact show themselves more efficient to the eggs. Whereas concerning the adults, they are the extract which gives more deaths.

The registered death rate with the tests of contact are about between 70% and 90% of the eggs and 0% to 97,25% for the adults with the application of the following doses of 6 hours of exposition : D1 (0,00137g/cm³), D2 (0,00273g/cm³), D3 (0,00546g/cm³), D4 (0,0109g/cm³) and D5 (0,0218g/cm³).

For the tests of contact out of the dose D5 (0,0218g/cm³) all the others doses shown the spread death during the broken fresh leaves true in our study. Our results go in the same way that those of student (not published) who have used the same three like us, *C. religiosa* to test his effect on *Dermestes spp* with more important doses than those we have used. He have resisted 100% of death during the 34th day of the application whereas we have resisted during the 12th hours with the highest dose [42].

We could think that these different are due to the different of the high which exist between these two insects.

Some investigator have got important death rate of adults of *C. maculatus* with application of powder of the leaves of most of the trees such as *Ficus carica* (Moraceae), *Eucalyptus globolus* (Myrtaceae), *Olea europea* (Oleaceae), *Citrus limon* (Rutaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae). Their results have shown on the adults a death rate of 100% less of 24 hours with *S. aromaticum*. The biologic activity of others trees has been tested by powder on the adults the main insects which do ravages of stocked seeds such as *C. maculatus* by many others authors. So, the other powder of the leaves and of the seeds of *Azadirachta indica* (Meliaceae) [39] and the leaves and the fruit of *Boscia senegalensis* (Capparidaceae) [41] induce 80 to 100% of mortality of the adults of *C. maculatus* with doses between 2 and 4%.

The action of the fumigation of the fresh broken leaves of *C. religiosa* on the extern form of *C. maculatus* (eggs and adults) has also given interesting result. The observed death rate follow respectively between 36,94 to 86,49% for the eggs and 10,29 to 100% in 6 hours exposition for the doses D1(0,01456g/cm³), D2 (0,00273g/cm³), D3(0,00546g/cm³), D4(0,0109g/cm³) and D5(0,0218g/cm³). The effect of fumigation of many trees

has been tested by many authors. Our works have confirmed some authors works.

So researcher detect a death rate of 100% of the adults of *Cariedon serratus* after 24 hours of exposition with 1g of broken fruit of *B. senegalensis* whereas 1g to 2g of broken leaves only indicate respectively 3 and 17% of death rate of the exhibited population[25]. One author had very interesting results with the broken leaves of *B. senegalensis* at the concentration of 1,33g/l on the adults of *C. serratus* [7]. Another author has got the same results (100%) of death rate by using 4g/l of leaves of *B. angustifolia* on the adults of *C. maculatus* [4]. One more some scientists have got 80% of death rate of the adults of *C. maculatus* with the application of 25µl/g of essential oil of *Ocimum basilicum* after 12 hours of the fumigation [26]. The studies have revealed death rate of 90% of the adults of *C. maculatus* [28].

The effect of ovicide of the fumigation of the trees was also the subject of many studies. The authors assert that the concentration 33,3µl/g of essential oil extracted to the *Cymbopogon schoenanthus* is very toxic towards the eggs the neonate larva of *C. maculatus*[28]. Whereas the extract of the acetone of *Striga hermontica* used for the dose of 0,5% w/w do the opportunity to an ovicide effect of 48% and so a reduction of the half of the emergent adults rate of the seeds [29].

Many authors have determined the toxicity of the leaves and fruit of *B. senegalensis* on three beetle of ravagers of the stored the foodstuffs [41]. The CL50 registered about between 1 and 4,23g/l for the fresh broken leaves and of 0,24 to 1,75g/l. these same authors have got with the fruit of 73,8% of death rate for the species *C. maculatus* against 8% of death rate with the fresh broken leaves for the same concentration. All these authors have demonstrated that molecule bioactive responsible for the death of insects to *B. senegalensis* is isothiocyanate of methyl. This molecule would be come from the degradation enzymatic of a methyl glucosinolate called glucocaparine. This mixture has ovicide effect, larvicide on the weevil and which the toxicity is the cause on many studies [14]. Working on *C. religiosa*, tree of the same family that *B. senegalensis*, we could thought of that they have the same molecul bioactive on the insect. When we compared ours results with those of these authors, we observe that the ground leaves of *C. religiosa* are more efficient on the insects than those of *B. senegalensis*. These can be apply the content on bioactive molecule highest to *C. religiosa* than *B. senegalensis*. These results to trees are different. We have also proceeded to an watery extract of the powder of the leaves *C. religiosa* this method permit us to declare an important death rate of extern form of *C. maculatus* (eggs and adults) we have registered death rate which happen of 10,53% to 27,59% for the adults of sailing boat form and of 0 to 17,4% for the adults of normal form which concentration of 0,1g/cm³, 0,13g/cm³ and 0,2g/cm³; this of the first day of the application of the test with the adults. The highest concentration (C1) has given 100% adults death rate of volier form of *C. maculatus* on the 7th day of application whereas the weak concentration (C2 and C2) have respectively given it on the 9th and the 10th day of application. So with the normal form, we have detected respectively 100% of

death rate on the 9th and the 10th day of test with C1, C2 and C3. Of these observation, the sailing boat form reveals itself more sensible to the watery extract than the normal form. For this reason, we used two others concentrations highest than the previous, C4 and C5; with C4 superior to C5. These last has been applied to the adults of normal form we have observed a proportional toxicity to the concentration the two first days of application than with the others concentrations. The application of the extract of the eggs has caused a death rate superior to 50% whatever the concentration which is used. It is also to note that the embryonic death rate increases at the moment when the concentrations decrease. Our results confirm the studies done by [19] on the eggs of *C. serratus* with methalonic extract of *Azadiracta indica*. Others authors, working with the solvent apolary have marked ovicide effect changing in the same way than the used concentrations. So [30] working in the extract of *Striga hermontica* in base of acetone and ether of petroleum have observed ovicide effects more important with the ether of petroleum than with the acetone on the eggs of *C. maculatus*; but is it always the death rate which separates with the concentration for the two extracts. The authors have got everyone 100% of adults death rate of *C. serratus* with methalonic extracts respectively of *Calotropis procera* and *B. senegalensis* with the concentration of 0,1g/l in 24 hours of application ([25]; [43]).

Others process of extractions have also been noted. The many authors have got an acetone extract of fresh fruits of *B. senegalensis* by the training of the vapor important death rates on the ravagers with TL50 respectively of 228mn *Prostephanus truncatus* Horn, 138 mn *C. maculatus* and 90 mn for *Sitophilus zeamais* Motsch. As for the works of [37] we observe a very important biocide activity with the use of essential oil of many trees on the adults of *C. maculatus* in 96 hours of exposition to the concentration of 5%. So we obtain 96% of death rate to the adults and 88,43% to the eggs with the essential oil of *Eucalyptus citrodora* whereas those of *Cymbopogon flexuosus* give death rates of 92% to the adults against 42,25% to the eggs.

Our method of working has been known to better get classer of the condition of the application in the tadders area. The fumigation is more efficient than the contact and watery extract on the adults of the eggs of *C. maculatus*. Whereas to the eggs it is the contact which more efficient. Anyways we can think to a complementary of these process, as the action of fumigation is underwvent whereas the others process have effects during the time. This different of effect for the different formulation could be linked to the nature of the active compared and of the action mode of this last of the insects. For example, we can cite the results of [24], which show that the solid products of *A. indica* (powder of leaves and almond) haven't show an adulticide activity of *C. serratus* whereas the scientists [9] get more than 90% of death rate to the same insects with oil of *A. indica*. We can also suppose that it is the quantity of substances of bioactive susceptible to act against the insects which differs from a formulation to a notec, house the difference of the death rate is observed.

In fac [27] think that the agent of active principle in the vegetable can change to a same vegetable to the function of some factors which the more important is the ecologic factor.

IV. CONCLUSION AND PERSPECTIVE

The way followed by this study had the object to examine the efficacy of the different formulations of *C. religiosa* on the extern form of *C. maculatus* ravager the most formidable of the stocks of cowpea (*V. unguiculata*). This study reveals that the tests of contact with the watery extract have the bioactive effect very important on the adults of this insect. But the fumigation is more efficient and give the highest death rate a short time of application. Whereas to the eggs, it is the contact with the fresh broken leaves of *C. religiosa* which gives the highest death rate. We have worked in application conditions by the farmers; so we have done fumigation contact tests with the fresh grown leaves so the watery extract of powder of leaves of *C. religiosa*. Biologic tests on the survival of the intern forms of this insect are verified.

It is also the highest concentration of watery extracts, so an extraction of vapor experience to determine the effect of essential oil of this plant on this insect. It would be very important to lead studies in the land so that to verify the efficacy of this plant on *C. maculatus* in the real system of stocking. We also propose for a later study to test the toxicity of others parts of this plant on this insect, but also to determine the active principle responsible for the death rate of the insects in *C. religiosa*.

REFERENCES

- [1]. Akpovi C.S., 1993. Etude au laboratoire de l'efficacité de *Dinarmusbasalis* Rondani. (Hymenoptera : Bruchidea). Mémoire Agronome. Univ. Nation. Du Benin. Cotonou Benin ; 98 p.
- [2]. Alzouma I., Huignard J., Lengua A. 1996. Les coléoptères Bruchidae et autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale. In : *Post-récolte : Principes et applications en zone tropicale*. Univ. Fran. ESTEM/AUPELF. pp. 79-103.
- [3]. Bassène E., 2001. Extraction et analyse en phytochimie. Document ronéo, pp. 4-13.
- [4]. Baulard C., 1999. Contribution à l'étude de plantes insecticides. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du grade d'ingénieur chimiste et de bio-industries, *Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique*, 67 p.
- [5]. Boateng B. A., Kusi F. 2008. Toxicity of *Jatropha* Seed Oil to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its Parasitoid, *Dinarmusbasalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. of Appl. Sci. Res.*, 4(8): 945-951.
- [6]. Borges L. M. F., Ferri P. H., Silva W. J., Silva W. C., Silva J. G. 2003. In vitro efficacy of extracts of *Melia azedarach* against the tick *Boophilus microplus*. *Medical and Veterinary Entomology*, 17 : 228-231.
- [7]. Camara M., 1997. Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales, application au contrôle des bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* F. et de l'arachide *Caryedon serratus* OL, 78 p.
- [8]. Cardet C., 1996. Etude de l'effet insecticide de substances naturelles contre trois *Caryedon* (Coléoptère, Bruchidea) ravageurs des semences de légumineuses ligneuses au Sénégal. *Mémoire de fin d'études D.A.A. Protection des plantes ENSA Thiès*, 30 p.
- [9]. Cardet C., Kandji T., Delobel A., Danthu P. 1998. Efficiency of neem and groundnut oils in protecting leguminous tree seeds against seed beetles in Sahel. *Agroforestry systems*, 40 : 29-40.
- [10]. Cissé N., Thiaw S., Ndiaye M., Hall A. E. 1996. Guide de protection de niébé, *ISRA*, vol. 6, n°2, 1996. 23 p.
- [11]. Cruz J. F., Troude F., Griffon D., Hébert J. P. 1988. Conservations des graines en régions chaudes. 2. *Ed.*, « *Techniques rurales en Afrique* » CEEMAT, Paris (France), 545p.
- [12]. Decelle J., 1981. Bruchidee related to grain legumes in the perspectives. Biologic survey of Canada Monograph Service N°1: 424p.
- [13]. Delobel A., M. Tran. 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *Edition CTA et ORSTOM*, 424p.
- [14]. Ducom P., 1996. Lutte chimique contre les insectes des graines stockées. In : *Post-récolte : Principes et applications en zone tropicale*. Univ. Fran., ESTEM/AUPELF. pp. 104-140.
- [15]. El Houssine B., 1996. Les techniques de stockage. In : *Post-récolte : Principes et applications en zone tropicale*. Univ. Fran., ESTEM/AUPELF. pp. 183-208.
- [16]. FAO. 1995. Comment la Communauté internationale peut promouvoir la sécurité alimentaire Rome. 49p.
- [17]. Gakuru S and Foua-Bi K. 1996. Effet d'extraits de plantes sur la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*) et le charançon du riz (*Sytophilusoryzae*). *Aupelf-Uref. Cahiers agricultures*, 5 (1), 39-42.
- [18]. 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, 81p.
- [19]. Guèye S., 2004. Effet ovicide et adulticide des extraits de *Azadiractaindica* JUSS. Et de *Lantana camara* L. sur *Caryedon serratus* (OL.), ravageur des stocks

d'arachide. Mémoire de D.E.A. de Chimie et Biochimie des Produits Naturels, Dakar, 54 p.

[20]. Grassé. P., 1974. Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes, éd. ORSTOM, Paris.

[21]. Huignard J., 1998. Lutte biologique contre les Bruchidea, ravageurs du niébé en Afrique de l'ouest. Summary report of Commission supported STD-3 projets (1992-1995), CTA. 6 p.

[22]. Johnson C. D., Kister R. A. 1987. Nutritional ecology of bruchid beetles. Offprints from nutritional ecology of insects, mites and spiders. Ed. Dr Frand Slandsky Jr and Dr J. Rodriguez ; pp. 259-282.

[23]. Jakai L. E. N., Asante. 2001. A case for the standardization of protocol used in screening cowpea, *Vigna unguiculata* for resistance to *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera : Bruchidea), *Journal of Stored Products Research*, 39 (2003), 251-263.

[24]. Kandji S. T., 1996. Optimisation de l'utilisation du neem dans la protection des stocks de semences de trois légumineuses contre espèces de bruches du genre *Caryedon* (Coléoptère, Bruchidea). *Mémoire d'ingénieur Agronome ENSA de Thiès*, 46 p.

[25]. Kébé S. B., 2004. Etude de l'activité biologique de produits bruts et d'extraits de *Bosciasenegalensis* (PERS.) LAM ex POIR. Sur *Caryedon serratus* (OL), ravageurs des stocks d'arachide.

[26]. Kéita M., Vincent C., Schmit J. P., Arnason J. T., Bélanger A. 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidea), *Journal of Stored Products Research*, 37 (4) 339-349.

[27]. Kerharo J and Adam J. G. 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes toxique. Ed Vigot Frères, Paris, 1011p.

[28]. Ketoh G. K., Koumaglo H. K., Gliitho. 2004. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidea) development with essential oil extracted from *Cymbopogon Schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera : Pteromalidae), *Journal of Stored Products Research*, 41 (2005) 363-371.

[29]. Kiendrebeogo M., Ouedraogo A. P., Nacoulma. O. G. 2006. Activités insecticides de *Strigahermonthica* (Del) Benth (*Scrophulariaceae*) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coléoptera : Bruchideae). *Biotectmol. Agron. Soc. Environ.* 10 (1) : 17-23.

[30]. Lienard V., Seck D. 1994. Revue des méthodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidea), ravageur des graines de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.) en Afrique tropicale. *Insect Sci. Applic.* Vol.15, n°3. pp.301-311.

[31]. Mbata G. N., Ekpendu O. P. 1992. The insecticidal action of four botanicals against three storage beetles. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* 57 (3A) : 723-733.

[32]. Malou A., 1999. Evaluation de l'activité biologique des produits bruts et d'extraits végétaux sur les bruches du niébé et de l'arachide. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, 35 p.

[33]. Ndiaye S., 1991. La bruche de l'arachide dans un agrosystème du Centre Ouest du Sénégal : Contribution à l'étude de la contamination en plein champ et dans les stocks de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) par *Caryedon serratus* (OL) (Coléoptère, bruchidea); Rôle des légumineuses hôtes sauvages dans le cycle de cette bruche. Thèse Université de Pau et des Pays de l'Adour, 96 p.

[34]. Ndoutoume-Ndong A., Rojas-Rousse D. 2007. Y'a-t-il élimination d'*Eupelmus orientalis* Crawford par *Eupelmus vuilleti* Crawford (Hymenoptera : Eupelmidae) des systèmes de stockages du niébé (*Vigna unguiculata* Walp). *Annales de la société entomologique de France*, 43 : pp 139-144.

[35]. Ndoutoume-Ndong A., Rojas-Rousse D. 2008. Rôle de l'intensité lumineuse sur les capacités parasitaires d'*Eupelmus orientalis* Crawford et *Eupelmus vuilleti* Crawford, parasitoïdes des Bruchidea ravageurs de graines de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* pp :36-8.

[36]. Ouedraogo P. A., 1991. Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidea), son importance sur la biologie de cette insecte. Thèse Doctorat. Univ. Tours (France), 197 p.

[37]. Raja M., William J. S. 2008. Impact of volatils oils of plants against the Cowpea Beetles *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidea). *International journal of Integrative Biology*, 2 (1) : 62-64.

[38]. Sanon A., Auger J., Huignard J. 2002. Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarmus basalis*. *J. of stored Prod. Res.*, 38 : 129-138.

[39]. Seck D., 1991. Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé en milieu paysan. *SAHEL PV INFO No 33 Juin 1991*. pp : 15-30.

[40]. Seck D., 1992. Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé en milieu paysan. Lutte intégrée. In : Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le sahel. *Institut du sahel. Edition John Libbey Eurotext*, France, pp : 328-335.

[41]. Seck D., Lognay G., Hambrudge E., Marlier M., Gaspar C., Severein M. 1993. Biological activity of the shrub *Boscia senegalensis* Lam. (Capparidaceae) on stored grain insects. *J. Chem. Ecology*, 29: 377-389.

[42]. Sarr M., 2010. Etude de l'effet biocide de *Crateava religiosa* FORST. (Capparidaceae) sur *Dermestes maculatus* et *Dermestes frischii*, (Coleoptera-Dermestidae) principaux déprédateurs du poisson séché: Résultats préliminaires. Mémoire de Masters 2 de Biologie Animale, spécialité Entomologie, Université de Dakar, 34p.

[43]. Thiaw C., 2004. Effet ovicide et adulticide de *Calotropis procera* AIT. et de *Senna occidentalis* L. sur *Caryedon serratus* (OL), ravageur des stocks d'arachides. Mémoire de D.E.A. de Chimie et Biochimie des Produits Naturels, Dakar, 77p.



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effectiveness of different formulations leaves of *Senna occidentalis* on the external stages of *Callosobruchus maculatus* Fabricius main pest of cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) stored

Ablaye Faye^{1*}, Cheikh Thiaw², Malick Sarr¹, Mbacké Sembène¹⁻³

¹Department of Animal Biology, University Cheikh Anta Diop, Faculty of Sciences and Technology, Dakar, Senegal

²Department of Entomology Regional Centre for Studies on the Improvement of Plant Adaptation to Drought (CERAAS) Thies, Senegal

³Laboratory BioPASS CBGP, IRD, Bel Air B.P.1386 Dakar, Senegal

Key words: *Callosobruchus maculatus*, *Senna occidentalis*, *Vigna unguiculata*, different formulations, external forms.

<http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.9.246-253>

Article published on May 10, 2014

Abstract

The biocidal activity of *S. occidentalis* on the external forms of *C. maculatus* was assessed in the laboratory. Several formulations (contact, fumigation and aqueous extract) have been tested on the eggs and adults of this insect. The greater embryonic mortality (90.95% with the highest dose, D4 (0.0216 g/cm³)) was recorded with fumigation with crushed fresh leaves. Fumigation always causes the highest mortality of adults. It thus induces a maximum elimination (100%) of adults with the D2 (0.00546 g/cm³) dose from the 8th day of application. Other formulations (aqueous extract and contact) gave all consequent mortalities on the external forms of *C. maculatus*. Bioactive molecules responsible for the death of insects suggest us to put steroids in evidence and anthraquinones in the plant.

*Corresponding Author: Ablaye Faye ✉ fablaye82@yahoo.fr

Introduction

Callosobruchus maculatus Fabricius has long hampered the farmers store their crop of Cowpea with ease, because it is the major pest. Since the Cowpea is a predominant source of protein for farmers who have difficulty accessing the proteins of animal origin, they are obliged to protect their harvest. For this protection, they often use insecticides of syntheses often very expensive and are real dangers to public health and the environment. Furthermore several insects developed resistance to insecticides.

To counter the adverse effects of the use of synthetic insecticides, several authors looked enhancement of traditional pest control techniques, thus constituting an alternative to chemical control for protection crops. So many researchers have wanted to reduce the harmful effect of *C. maculatus* on stocks of Cowpea *Vigna unguiculata* Walp by using native plants equipped with insect repellent activities and or insecticides (Kellouche and Soltani, 2004; Seri-Kouassi and al, 2003; Kiendrebeogo and al., 2006; Appleby and Credland, 2004; Olubayo and Port, 1997; Lale and Abdulrahman, 1999; Faye and al 2012) This study is intended to assess the effectiveness of several formulations (contact, fumigation and aqueous extract) leaves of *Senna occidentalis* on the two external stages of *C. maculatus* (eggs and adults). The choice of this plant lies in the fact that it is the subject of several studies biocides on other insects such as *Carryedon serratus* (Thiaw and al., 2004; Liénard and al., 1993). Besides the research of formulations easily applicable by the peasants, pushed us to test the efficiency of some formulations to basis of leaves *S. occidentalis*, plant already used in struggle against the devastating; giving satisfactory enough results thus but hardly applicable by the peasants.

Materials and methods

Biological material

The biological material used in the experiment, comes from Sandiara (Department of Mbour, Senegal). *S. occidentalis* fresh leaves picked the evening to the lying of the Sun and are forwarded to the laboratory,

where the following day they will be used. Crops are made in the months of September, October and November. Upon arrival at the laboratory, a part of the leaves is used once for testing of fumigation and contact; the other party is dried on trays from sunlight in the store of the laboratory of Entomology and Acarology of the Faculty of science the University Cheikh Anta Diop of Dakar. After drying, the leaves are transformed into powder then preserved in glass jars. This powder will be used for aqueous extractions by maceration for biological testing.

The specimen of *C. maculatus* used in this work comes from a sample of infested Cowpea bought Sandiara weekly market. The seeds of Cowpea used in mass and as support for biological tests are cleared of any infestation by an extended stay in the freezer.

The breeding of the bruchid *C. maculatus* is made with seed free of any infestation in the glass jars (10,5 cm high and 8 cm in diameter). Both males and females are introduced into jars containing Cowpea seeds until their base is completely covered. After 24 hours of contact with the seed, the bruchid beetles are recovered. Infested seeds are now tracked and adults who emerge in will be used either for tests adulticidal, or to keep livestock of mass. In this way remains the strain of *C. maculatus* in the laboratory.

Methods

Contact tests

After their arrival at the laboratory, the fresh leaves are crushed with mortar and introduced in 10.5 cm in diameter and 8 cm jars with lids are screened. In each jar, 12 non-gendered adults of *C. maculatus* are introduced. Four weights of leaves are used: 2g, 4g, 8g et 16g. For each weight, three replicates were made and a white witness always accompanied the rehearsals. For each repetition, crushed leaves and insects are mixed in a jar. Are considered as dead all the bruchid beetles who touched legs and antennae do no movement of legs or antennae. Bruchids dead are counted daily.

The same process was used with eggs. For testing ovicidal, it conducted a count of the eggs hatched and

unhatched eggs. This occurs 2 weeks after the introduction of crushed leaves and seeds each carrying an egg into the jars. To be accomplished, leftovers of the eggs hatched and unhatched eggs are removed from the seed coat and then the seeds are crushed to see the status of the larvae if they exist. This process will allow us to calculate the rate of embryo mortality by the following formula:

ME = number of eggs not hatched X 100/number of eggs total. This setting is reported as a percentage and corrected by the Abbott formula (1925) next: $Mc = (Mo - Mt) \times 100 / (100 - Mt)$; MC = corrected mortality, MB = observed mortality, Mt = mortality witness. This same form is also used to quantify the rate of adult mortality.

Fumigation tests

After grinding, the fresh leaves are automatically put in small jars (8 cm in diameter and 5 cm high) with screen cover. Each small jar is then inserted in a box larger (10, 5cm in diameter and 8cm) containing 12 non-gendered adults of *C. maculatus*. After introduction, the large jars are immediately closed with a lid without toasting and the closure is reinforced by the scotch glue so that the fumigant substances cannot escape. Still four weights of crushed leaves are used. For each weight of leaves used, three repetitions are performed and a white witness without crushed leaves. Dead insects are counted daily. Is counted dead any insect lying on his back and doing no movement of legs or antennae after shaking.

Ovicidal tests are carried out in the same way as before. Seeds each bearing an egg replace adults in large jars. The count is 15 days after the introduction and are counted the eggs hatched and unhatched eggs. To get the jars are open and each seed is taken to remove the unhatched egg or the rest of the egg hatched. And after each seed was divided into to see if the hatched larva is alive or dead. This allows us to calculate the rate of embryo mortality by the Abbott formula. Mortality rates are presented in the form of tables or graphs.

Aqueous extract tests

The powdered leaves of *S. occidentalis* has been used. We have macerated 200 g of leaf powder with 1 L of tap water. The mixture is left to rest for 1 hour and after shaking, we filtered the mixture with a reinforced household sieve by the muslin. The aqueous extract is preserved in a liter to the laboratory fridge bottle and will be used if necessary. Three solutions of different concentrations are obtained by the following method:

$C_1 = 40$ ml of the solution obtained with extraction (0.2 g powder per cm^3)

$C_2 = C_1 + 20$ ml of tap water (0.13 g powder per cm^3)

$C_3 = C_1 + 40$ ml of tap water (0.1 g powder per cm^3).

Adults aged no more than 72 hours, from mass farming are used in experimentation; It is the same, for a box of Petri dishes. In each box of Petri dishes, we place paper Wattman. A micropipette is used to 1 ml of the solution prepared in a consistent manner on paper Wattman and 12 non-gendered adults are deposited. Three replicates and two witnesses (solvent and white controls) are made for each particular extract concentration. For the indicator solvent, 1 ml of tap water is spread on paper Wattman and 12 adults are deposited; as the white witness, adults of bruchids are directly introduced in the boxes of Petri dishes with paper Wattman without pre-treatment. The dead are recorded daily. The rate of adult mortality is calculated and corrected later with the Abbott formula.

Seeds of Cowpea each bearing an egg are sprayed per dozen with a micropipette of 1 ml of solution of each concentration. Three replicates and two witnesses (solvent and white controls) are made for each concentration. For the solvent control, seeds are sprinkled with the solvent (water), in contrast to the white light, they are not processed.

The results are exploited in the form of tables and graphics and the use of Student tests allowed to make comparisons between the induced mortality.

Results of the ovicidal and adulticidal tests

Ovicidal effect

Contact with crushed fresh leaves of *S. occidentalis* with eggs due to mortalities which are around 40% for all doses. The lowest dose gave more deaths than the others, or 45 per cent. Doses D2 (0.00546 g/cm³), D3 (0.0108 g/cm³) and D4 (0.0216 g/cm³) respectively cause of mortality of 40%, 33.3% and 40%. Mortalities led by all doses are statistically the same to $p < 0.05$.

Table 1. % mortality of eggs for testing contact. The consistent values as exposing the same alphabetic letter are statistically equal.

Doses (g/cm ³)	Mortality of eggs (in %)
D1 (0.00273 g/cm ³)	45 ^a
D2 (0.00546 g/cm ³)	40 ^a
D3 (0.0108 g/cm ³)	33.3 ^a
D4 (0.0216 g/cm ³)	40 ^a

Fumigation has been proportional to the dose administered egg mortality. That is how one gets the greatest mortality (90.95%) with D4 (0.0216 g/cm³), while D1 (0.00273 g/cm³) trained 14.33% of deaths among the eggs. Mortalities caused by the D2 doses and D3 are statistically equal and defer the one induced by the D4 dose; who on his/her/its turns gives different mortalities to those provoked by D1 to $p < 0.05$.

Table 2. % of mortality corrected for fumigation testing eggs. The consistent values as exposing the same alphabetic letter are statistically equal.

Doses (g/cm ³)	Mortality of eggs (in %)
D1(0.00273 g/cm ³)	14.33 ^a
D2(0.00546 g/cm ³)	54.87 ^b
D3(0.0108 g/cm ³)	63.92 ^b
D4 (0.0216 g/cm ³)	90.95 ^c

The effectiveness of the concentration of aqueous extract powder of *S. occidentalis* on the eggs of *C. maculatus* has been tested. Tests reveal most great mortality (44.83%) with C2, while C1 and C3 give 24.14% and 8%, respectively. Mortalities led by the two bigger concentrations (C1 and C2) are statistically equal and defer those provoked by the C3 concentration to $p < 0.05$.

Table 3. % mortality of eggs for the tests with aqueous extract. The consistent values as exposing the same alphabetic letter are statistically equal.

Concentration	Mortality of eggs (in %)
C1(0,2g/cm ³)	24.14 ^b
C2(0,13g/cm ³)	44.83 ^b
C3(0,1g/cm ³)	8 ^a

Adulticidal effect

The analysis of figure 1 shows a differential effectiveness of contact with the crushed leaves of *S. occidentalis* on *C. maculatus* adults with different doses. The first day that only the largest dose (D4 (0, 0218 g/cm³)) presented mortality (5.18%). Two immediately lower doses showed mortalities on the sixth day of tests, while the lowest dose always gives 0% mortality. This last dose will give mortality on the ninth day of application (7.22%) at the time where the other doses reveal respectively from the smallest to the largest dose, mortality of 81,11% and 100% for the last two doses. On the tenth day of contact, single dose (D1 (0, 00273 g/cm³)) did not give 100% mortality.

Discussion

The effectiveness of *S. occidentalis* on *C. maculatus* was highlighted in this study. Therefore, several formulations (contact, fumigation and aqueous extract) leaves of this plant are applied on the external forms (adults and eggs) of the insect.

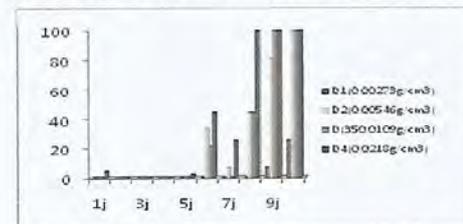


Fig. 1. Percentage of mortality corrected for testing contact adult Fumigation on adult shows mortality with all doses on the first day of application, but the dose (D2 (0, 0728 g/cm³)) has proved to be more efficient with 19.49% of mortalities. We note that the highest dose is effective on the sixth day of application with 55.33% of mortalities; at the time where the lowest dose (D1 (0, 00364 g/cm³)) gives 66.67% of mortalities. On the eighth day of test, only

the latter did not 100% mortality and reveals 88,67%. On the ninth day of the application all insects have been killed by different doses.

Contact tests proved to be overall more effective on adults than on eggs. We thus record mortality of 100% from the 9th day of contact with the two higher doses in adults while for eggs, they show the mortality not exceeding 40% at the end of the application. The contact test biocidal activity has been spread in time for adults of *C. maculatus*. Our results are going the same way as those of Sarr (2010) and Faye and al. (2012). Sarr results show a greater spread of mortality (34 days to get 100% mortality), while those of Faye and al show more efficiency (100% mortality with dose 0, 0218 g/cm³ from 12 hours of contact). These authors have worked with the leaves of *C. religiosa* using the same application that we process. It could lead to think that the active molecules responsible for the insect mortality observed with the application of these two plants are different. Other authors have tested by contact, powders of leaves of some plants. Therefore, Kellouche and Soltani (2004) have used four plants powders: *Ficus carica* (Moraceae), *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Olea europaea* (Oleaceae) and Citrus limon (rutaceae). Their results show a significant reduction in the longevity of adults. For this purpose powders *C. Limon*, *E. globulus* and *O. europaea* by more than 50% the number of adults that emerge, at doses of 4 and 5%.

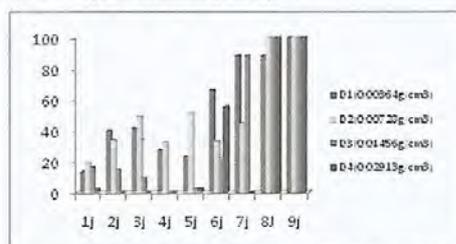


Fig. 2. Percentage of mortality corrected for fumigation testing adult extract is noticeable on the fourth day of application, with proportional to concentrations mortalities. This trend was reversed as soon as the 5th day and will reappear only to the 7th day. At the 10th day C1, C2 and C3 concentrations respectively give mortalities of 87.25%, for the first

two concentrations and 74.87%.

Fumigation with crushed fresh leaves of *S. occidentalis* is proving less effective on the eggs of *C. maculatus* with the lowest dose, at a time when higher doses are very effective with greater than 50% mortality. We note also that the observed mortality are proportional to the dose administered. For adults, the fumigation gives mortality differential depending on the dose and spreading over time. We thus see more efficiency on adults than on eggs. Several researchers have worked in research of plants with insecticidal activities and or repellents. Therefore, Faye and al (2012), working with *C. religiosa*, demonstrate its effectiveness on *C. maculatus*. To this end, they get 100% of mortality from 6 hours of exposure of adult dose 0, 00728 g/cm³. One realizes that adults of *C. maculatus* are more susceptible to *C. religiosa* and *S. occidentalis*. While on eggs, it is *S. occidentalis* which has proved most effective. In this wake Bâ Kébé (2004) highlights a 100% mortality of adults of *C. serratus* after 24 hours of exposure with 1 g fruit crushed *Boscia senegalensis* while 1 to 2 g of crushed leaves give 3 deaths and 17% of adults. Several other authors such as Ketoh *et al.*, have shown very considerable mortality of adults of *C. maculatus* exposed to the essential oil of *Ocimum basilicum* (25µl/g) after 12 hours of fumigation. Very important ovicidal effects are highlighted by Ketoh and al. (2005), as well as by Kiendrebeogo and al. (2006).

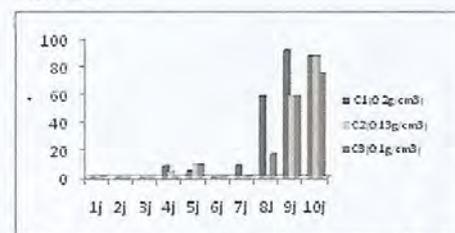


Fig. 3. Percentage of mortality corrected adult normal form for the tests with aqueous extract.

The aqueous extract by maceration of powdered leaves of *S. occidentalis* is proving less effective on adults of *C. maculatus*. Consequent mortalities are perceptible only to the 10th day. To this end, the two

highest concentrations (C1 and C2) give all mortalities of 87.25%, while the lowest concentration (C3) reveals mortality not exceeding 74.87%. Ovicidal tests show most mortalities (44.83%) with C2, period during which C1 and C3 give respectively 24 deaths, 14 by 8%. The lower efficiency observed with the aqueous extract was linked to the polarity of the solvent used. In this sphere of use of substances biocides of vegetable origin, several studies have shown notable effects on insects. This is how Mr. Jayakumar (2010) gets a maximum reduction of the adult emergence of Cowpea with extraction bruche aqueous of the following plants, *Percularia daemia* (91.25%) *Cassia siamia* (82.08%) and *Acorus calamus* (92.28%), applied on Cowpea seeds. Ketoh and al. (1998) detect removal greater than or equal to 70% of *C. maculatus* fresh eggs at low concentrations of essential oils of *C. schoenanthus* who hold a large amount of piperitone. The essential oils ovicidal activity is explained by their penetrating power or direct toxicity of components (DON PEDRO, 1989). Thiaw and al. (2007) have highlighted the deaths of 66.67% and 50% of adults of *C. serratus*, respectively with ether and chloroform extracts; thus showing a more consistent efficacy on adults than on eggs. The trend of their results confirmed ours. The bioactive agents contained in powders of leaves of plants are flavonoids, steroids as well as the anthraquinones detected in extracts (Abdulahi, 2011). Abdulahi (2011) is part of a 100% mortality of adults of *C. maculatus* with the powder mixture of leaves of *Cassia occidentalis* and *Vitallaria paradoxa* and *Cassia* with concentrations of 7.5 and 10%w/w in 24 hours of treatment. The biological activity of *C. occidentalis* on *C. maculatus* has been also highlighted by Liénard and al (1993); the leaves, seeds and the essential oil of this plant proved so very effective for the control of this insect. Toxicity of vapours of *Acorus calamus* on the eggs of HE of *Callosobruchus chinensis* L. has been reported by SCHMIDT and al. (1991) who indicated that HE had a sterilizing action eggs.

Our method of study meets the applicability by the

peasants to fight effectively against insect pests of stored foodstuffs. Our different formulations give greater efficiency on the external forms of *C. maculatus*. Their combined application would give very satisfactory results for the protection of stocks of Cowpea. The observed differential action of different formulations would be linked to the nature of bioactive molecules and their mode of action on insects. This fact is confirmed by the results of Kandji (1996) and by those of Cardet and al (1998), which using the same plant with different formulations, detect discordant adulticidal mortalities on the insect *C. serratus*.

Conclusion and perspectives

This study is intended to implement effective storage techniques of foodstuffs stored and applicable by the peasants. These techniques have to combat pests of stored products such as *C. maculatus*, main pest of stored cowpea, *Vigna unguiculata* Walp. We had thus tested several formulations leaves of *Senna occidentalis* on the external forms of the beetle *C. maculatus*. It appears from this study that adults are more susceptible to applications. The adult mortality induced by applications (contact, fumigation and aqueous extract) is spread out in time. All these applications, it is the fumigation that proved to be most effective on adults as well as on the eggs of *C. maculatus*. The aqueous extract proved less decisive than contact with the fresh leaves crushed on the egg mortality as well as that of adults. We propose in the future to identify the impact of these applications on survival, as well as on the fertility of the ovicidal tests from survivors. We also verify the effectiveness of other parts of the plant on the insect, whilst developing their impact on the internal form (larvae) of *C. maculatus*.

References

- Abdul Ahad, Abu Sayed, Nurealam Siddiqui, Maksud-Ul Haque. 2012. Assessment of some indigenous plant extracts against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. (Bruchidae: Coleoptera) in stored green gram *Vigna radiata* L. Global Journal of Medicinal Plant Research 1(1),

33-41.

Abdullahi N. 2011. Evaluation of the efficacy of different concentrations of mixed leaf powders of *Vittalaria paradoxa* and *Cassia occidentalis* against *callosobruchus maculatus* (f.) (coleoptera: bruchidae) on stored cowpea seeds. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* **4(1)**, 94-97.

Appleby JH, Credland PF. 2004. Environmental conditions affect the response of West African *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) populations to susceptible and resistant cowpeas. *Journal of Stored Products Research* **40(3)**, 263-287.

Cardet C. 1996. Etude de l'effet insecticide de substances naturelles contre trois Caryedon (Coléoptère, Bruchidea) ravageurs des semences de légumineuses ligneuses au Sénégal. Mémoire de fin d'études D.E.A. Protection des plantes ENSA Thiès, 30 p.

Faye A, Guèye-Ndiaye A, Thiaw C, Sembène M. 2012. First investigation of different *Crateva religiosa* Forst formulations on the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) seed-beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius. *International Journal of Science and Advanced Technology* **12(2)**, 56-65.

Gueye S, Diop MT, Seck D, Sembene M. 2011. Biochemical fractions activity of *Annona senegalensis* Pers. extract leaves to protect against the seed-beetle *Caryedon serratus* groundnut (Coleoptera, chrysomelidae, bruchinae) *Ijpaes* **1(2)**, 122-130.

Jayakumar M. 2010. Oviposition deterrent and adult emergence activities of some plant aqueous extracts against *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Biopesticides* **3(1)**, 325-329.

Kandji ST. 1996. Optimisation de l'utilisation du neem dans la protection des stocks de semences de

trois légumineuses contre espèces de bruches du genre *Caryedon* (Coléoptère, Bruchidea). Mémoire d'ingénieur Agronome ENSA de Thiès, 46 p.

Kébé SB. 2004. Etude de l'activité biologique de produits bruts et d'extraits de *Boscia senegalensis* (PERS.) LAM ex POIR. sur *Caryedon serratus* (OL), ravageurs des stocks d'arachide.

Kellouche Abdellah, Soltani Nourudine. 2004. Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International Journal of Tropical Insect Science* **24(1)**, 184-191.

Ketoh GK, Koumaglo HK, Glitho. 2004. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidea) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae), *Journal of Stored Products Research* **41(4)**, 363-371.

Kiendrebeogo M, Ouedraogo AP, OG Nacoulma. 2006. Activités insecticides de *Strigahermonthica*(Del) Benth (Scrophulariaceae) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coléoptera : Bruchidae). *Biotectnol. Agron. Soc. Environ* **10(1)**, 17-23.

Lale NES, Abdulrahman. 1999. Evaluation of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil obtained by different methods and neem powder for the management of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea **35(2)**, 135-143.

Lienard V, Seck D, Lognay G, Gaspar C, Severin M. 1993. Biological activity of *Cassia occidentalis* l. against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* **29(4)**, 311-318.

- Mohamed H, Madkour Ahmed, Zaitoun A, Fatma A, Singer.** 2012. Efficacy of three plant species extracts in the control of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) Journal of Food, Agriculture & Environment **10(2)**, 1200-1203.
- Radha R, Murugan K.** 2011. Bioefficacy of plant derivatives on the repellency, damage assessment and progeny production of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Internet Journal of Food Safety, **(13)**, 115-123.
- Olbayo FM, Port GR.** 1997. The efficacy of harvest time modification and intercropping as methods of reducing the field infestation of cowpeas by storage in bruchids. Kenya **33(4)**, 271-276.
- Rajapakse RHS, Ratnasekera D.** 2008. Pesticidal potential of some selected tropical plant extracts against *Callosobruchus maculatus* (f) and *Ccallosobruchus chinensis* (l) (Coleoptera: Bruchidae). Tropical Agricultural Research & Extension, **08(11)**, 69-71.
- Sanon A, Auger J, Huignard J.** 2002. Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarmus basalis*. J.of stored Prod. Res **(38)**, 129-138.
- Sarr M.** 2010. Etude de l'effet biocide de *Crateva religiosa* FORST. (Capparidaceae) sur *Dermestes maculatus* et *Dermestes frischii*, (Coleoptera-Dermestidae) principaux déprédateurs du poisson séché : Résultats préliminaires. Mémoire de Masters 2 de Biologie Animale, spécialité Entomologie, Université de Dakar, 34p.
- Seema Sood, Pajni HR.** 2006. Effect of honey feeding on longevity and fecundity of *Uscana mukerjii* (Mani) (Hymenoptera: Trichomatidae), an egg parasitoid of bruchids attacking stored products (Coleoptera: Bruchidae) **42(4)**, 438-444.
- Vashishtha VM, Vashishtha, Amod Kumar, Jacob John T, Nayak NC, Nayak NC.** 2007. *Cassia occidentalis* poisoning as the likely cause of hepatomyoencephalopathy in children in western Uttar Pradesh Indian J Med Res **125**, 756-762.
- Thiaw C, Guèye Ndiaye A, Samb A, and Sembène M.** 2007. Ovicid and adulticid effects of powders and extracts of *Calotropis procera* AIT. and of *Senna occidentalis* L. on *Caryedon serratus* (OL.) destroyer of groundnut stocks. Journal of Science **7(3)**.



REGULAR ARTICLE

Determination of impact of *Azadirachta indica* L. leaves on adults and eggs of *Callosobruchus maculatus* Fabricius, the largest predator of stored cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) by an applicable method by farmers

Ablaye Faye^{1,4*}, Malick Sarr¹, Abdoulaye Samb⁴, Cheikh Thiaw³, Mbacké Sembène^{1,2}

¹Department of Animal Biology, Faculty of Sciences and Technology, University Cheikh Anta Diop of Dakar, B.P. 5005, Dakar, Senegal

²Laboratory BioPASS CBGP, IRD, Bel Air B.P.1386 Dakar, Senegal

³ISRA/ CNRA Bambey

⁴Chemistry and Biochemistry of Natural Products, Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop of Dakar, Senegal

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 8 Sep 2014

Revised: 2 Oct 2014

Accepted: 8 Oct 2014

*Corresponding Author:

Email: fablaye82@yahoo.fr

Keywords: *C. maculatus*, eggs, adults, *A. indica*, leaves, *V. unguiculata*

ABSTRACT

The effect of neem leaves has been tested in the laboratory on eggs and adults of cowpea weevil (*C. maculatus*). Different formulations of this plant were applied to these forms of *C. maculatus* Fab. Grinding fresh contact sheets induced significant lethal effects from 96.12% to 100% on eggs; whereas 100% of mortality was recorded at the end of eight days of application to three adults with higher doses. Fumigation on turn proved less effective than contact on eggs. It induced a maximal effect of 95.73% mortality with the larger dose (D4: 0.02912g/cm³). On adults, we recorded highest mortality (100%) from the 7th day of the show with the highest dose. The aqueous extract of neem leaf powder was less effective than all other formulations on the eggs as well as adults of this insect; with a higher mortality rate (74.99%) observed on the eggs with the application of the concentration C2. On adults we recorded a maximum effect (100% mortality) from the 13th day of the application with the highest concentration (C1). These mortalities would be related to the support of several active molecules contained in neem as established in literature.

1. Introduction

The fact of looking for food self-sufficiency requires farmers to diversify their crops. Thus they make use of leguminous plants such as groundnut and cowpea. The latter is a remedy in search of protein, which is an essential substance for the development of living beings. Cowpea is one of the most protein-rich legumes; Alzouma (1995) estimated 20-25% of

its dry weight. So farmers can do without very expensive and not always available for farmers vegetable protein. In West Africa, the rainy season lasts three months and requires farmers to store their crops in order to have it at disposal if necessary. Something not always is easy because of pests. The seeds of *Vigna unguiculata* may suffer damage by 90% after 6 months of storage without treatment (Seck, 1992). This damage is largely opens *Callo-*

sobruchus maculatus, as dreaded insect can produce several generations in cowpea stocks. To mitigate the damage, some farmers use synthetic insecticides, which often cause ecological imbalances. To correct these imbalances, many researchers are looking in search of bioactive substances of plant origin (Al-Hazmi, 2013; Faye et al., 2014; Mbaye et al., 2014). In the same movement, we tested several formulations (contact, fumigation and aqueous extract) from the leaves of *A. indica* against *C. maculatus* for better storing cowpeas.

2. Materials and Methods

2.1. Biological material

The specimen of *C. maculatus* used in the experimentation comes from a sample of cowpea infested bought at Tilène market in Dakar. To rid the seeds of cowpea used for mass rearing and as a carrier for biological testing, infestation, they are made to stay for 72h in the freezer. We used neem leaves picked early in the morning before sunrise. Harvesting was done in the months of December and January. A portion of the harvested leaves was used immediately in the test location and the fumigation of other portion was dried on trays to be used in tests with extracts.

The breeding of the insect *C. maculatus* occurs in glass jars (10.5 cm and 8 cm in diameter) on cowpea variety "bay ngagne" removed from infestation. Sexual adults are introduced per couple in jars containing cowpea fully covering their bases. After 24h of contact with the seed weevils are retrieved. Infested seeds were then tracked and the adults that emerged were used either for adulticide tests, or to maintain mass rearing. In this way the strain is maintained in the laboratory of *C. maculatus*.

2.2. Treatment impacted on *C. maculatus*

2.2.1. Contact crushed fresh leaves

After harvest, the early morning before sunrise, fresh leaves of *A. indica* were ground using a mortar. The ground material of these sheets was filled into jars 10.5 cm in diameter and 8 cm high with wire mesh lids. In each jar, 12 adult *C. maculatus* asexual were introduced. Four weight of leaves are used (2g, 4g, 8g et 16g). For each weight, three repetitions were performed and rehearsals are always accompanied by white witnesses. For each repetition, the crushed leaves and insects are mixed in a single jar. Dead weevils were counted at intervals of 24 hours. Are counted dead weevils, which all

the affected legs and antennae do not perform any movement of legs or antennae. The method used for ovicidal test is the same as for tests adulticides. In each jar, a bearing 12 seeds each egg *C. maculatus* are mixed with fresh crushed leaves of *A. indica*. At the end of three weeks each jar is opened and the eggs were peeled from seed coat and the latter are crushed to expose the existence of larvae. This process will allow us to calculate the mortality rate embryo by the following formula:

$$ME = (\text{Number of unhatched eggs} \times 100) / \text{total number of eggs}$$

This parameter is reported as a percentage and corrected by the following formula of Abbott (1925):

$$Mc = (Mo - Mt) \times 100 / (100 - Mt)$$

Mc = adjusted mortality

Mo = observed mortality

Mt = control mortality

The same formula is also used to quantify the rate of adult mortality.

2.2.2. Fumigation of fresh leaves crushed

As previously fresh leaves of this plant are harvested early in the morning immediately introduced into jars small (8 cm in diameter and 5 cm high) equipped with mesh cover. Each jar is then placed in a box of larger size (10.5cm in diameter and 8 cm in height) containing 12 adults of *C. maculatus* asexual. Large jars are automatically closed after the introduction of small jars with lids and without roasting are enhanced by closure of the adhesive tape. Always four weight crushed leaves are used. For each weight of leaves used three repetitions are performed and a white crushed leaves without witness. Dead insects were counted each day. Death is counted any insect lying on his back and making no movement of legs or antennae after shaking.

In the same way as the above are achieved ovicide test. Seeds each with an egg substitute adults in large jars. After two weeks the jars are open and the hatched and unhatched eggs were counted. This occurs crushing seeds for the state of larvae if they exist. This allows us to calculate the mortality rate per embryo Abbott's formula. Mortality rates are presented in tables or graphs.

2.2.3. Aqueous extract

The leaf powder of *A. indica* was used. We performed a solid-liquid extraction with the solvent used is tap water. 200 g leaf powders were extracted with 1 L of tap water. The resulting mixture was placed in a refrigerator for 5 days to compensate for any fermentation of the latter. After these five days of contact, the solution obtained is filtered through a sieve of household reinforced scrim. The aqueous extract is stored in a quart bottle. The latter is placed in the refrigerator and will be used as needed. Three solutions of different concentrations are obtained by the following method:

C1 = 40 ml of the solution obtained with extraction (0.2 g of powder per cm³)

C2 = C1 + 20 ml of tap water (0.13 g of powder per cm³)

C1 + C3 = 40 ml of tap water (0.1 g of powder per cm³)

Adults aged up to 72 hours, from mass rearing are used in the experiment; it is the same, for a Petri dish. In each Petri dish, we place the Whatman paper. With a micropipette is used to spread 1 ml prepared homogeneously on Whatman paper and 12 adults asexual deposited there. Three replicates and two control (blank control and solvent control) are made for each extract concentration given. For the solvent control, 1 ml of tap water is spread on Whatman paper and 12 adults are deposited; about the white light, we have direct adult weevils on Whatman paper. The dead are accrued daily. The rate of adult mortality is calculated and then corrected with Abbott's formula. Cowpea seeds each carrying a dozen eggs are sprayed with a micropipette with 1ml of each solution concentration. Three replicates and two control (blank control and solvent control) are made for each concentration. For the solvent control, we sprinkled the seeds with the solvent (water), by cons for the blank control, the seeds are not treated. Results are used in tables and graphs and ANOVA tests have allowed us to make comparisons.

3. Results

3.1. Biological impact of contact tests

The test contact ground fresh leaves of *A. indica* gave mortality statistically equal to $p \leq 0.5$ on eggs *C. maculatus*. All doses induced more than 50% mortality. And the lowest dose (D1 (0.00273g/cm³)) and the highest dose (D4 (0.0218g/cm³)) all showed maximum mortality 100%, while intermediate doses (D2 (0.00546g/cm³) and D3 (0.0109g/cm³)) revealed a mortality rate of 96.12%.

Doses (g/cm ³)	Corrected egg mortality (in %)
D1 (0.00273g/cm ³)	100 ^a
D2 (0.00546g/cm ³)	96,12 ^a
D3 (0.0109g/cm ³)	96,12 ^a
D4 (0.0218g/cm ³)	100 ^a

Table 1: Percentage corrected mortality of eggs for testing contact *Azadirachta indica*. Values followed by exposing the same alphabetical letter are statistically equal.

On the first day of contact, all doses gave more or less significant mortalities on adults with a higher percentage with the dose D2 (0.00728 g/cm³) (19.49%). Correcting these mortalities revealed the highest ineffective dose on the second day of application. When other doses (D1 (0.00364 g/cm³), D2 (0.00728 g/cm³), D3 (0.01456 g/cm³)) give respectively kills 40.18% and 33.96% and 15.1%. This trend continued until the fifth day of application where the correction of mortality showed a differential efficiency with the application of different doses; and D2 dose (0.00728 g/cm³) was more effective against adults of *C. maculatus* with 51.25%. The seventh day all doses gave the same mortality (88.67%) except D2 (0.00728 g/cm³) which gave 44.47%. Maximum efficiency (100% mortality) was observed with the three highest doses from the eighth day of application, while the lowest dose only gives 88.67%. The latter induces 100% mortality on the ninth day.

3.2. Biological impact of fumigation

The neem leaves have a very high toxicity opposite eggs of *C. maculatus*. Thus we see that only the lowest dose, D1 (0.00364g/cm³) did not give more than 50% mortality. It appears from these tests that are based on mortality induced doses. Thus increasing the dose leads to an increase in the mortality induced eggs *C. maculatus* by this dose. It is notable that higher doses have led the greatest mortality. Doses D1 (0.00364g/cm³), D2 (0.00728g/cm³), D3 (0.01456g/cm³) and D4 (0.02912g/cm³) respectively give the following deaths: 32.44; 59.46; 79.73 and 95.73%.

On the first day of testing fumigation, the three lower doses gave the same mortality (8.33%), while

Doses (g/cm ³)	Corrected egg mortality (in%)
D1 (0.00364g/cm ³)	32,44 ^a
D2 (0.00728g/cm ³)	59,46 ^b
D3 (0.01456g/cm ³)	79,73 ^b
D4 (0.02912g/cm ³)	95,73 ^c

Table 2: Percentage of corrected mortality of eggs for testing fumigation *A. Indica*.

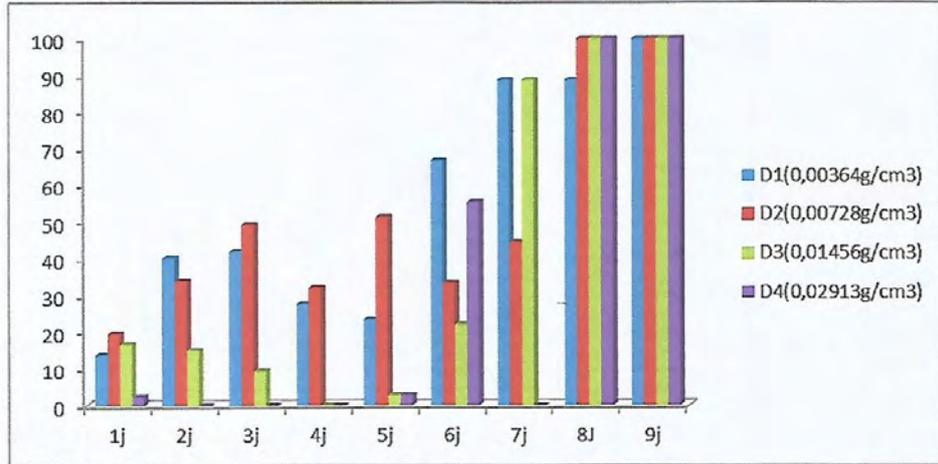


Figure 1: Percentage of adults' mortality corrected for contact tests with *A. indica*.

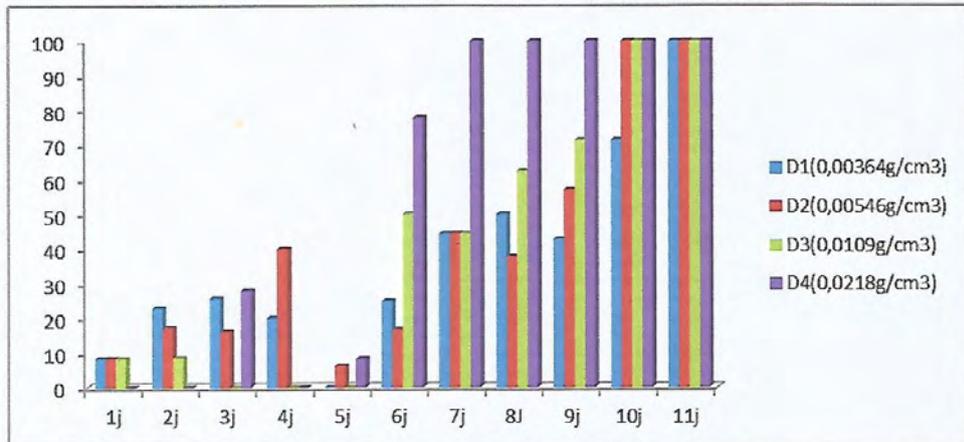


Figure 2: Percentage of adult mortality corrected for fumigation tests with *A. indica*.

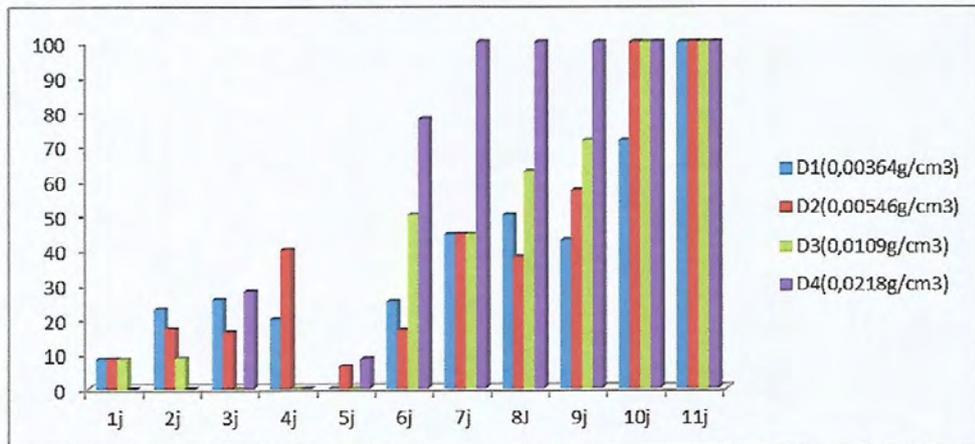


Figure 3: Percentage corrected mortality of adult normal form for the tests with the aqueous extract of the powdered leaves of *A. indica*.

the highest dose has no effect on the adult *C. maculatus*. We also note from the second to fourth day of the tests that the efficiency of *A. indica* is decreasing following the dose. This trend has reversed in the fifth day of the experiment, and the highest dose gave greater toxicity vis-à-vis the adult *C. maculatus* until the tenth day when the three highest doses induced all 100% mortality. The lowest dose did not show a maximum effect but at the eleventh day of the application.

3.3. Biological impact of aqueous extract

Table 3 shows a greater efficiency of the C2 concentration on eggs of *C. maculatus*, with 74.99% of mortality. Other concentrations, C1 and C3, respectively, show kills 43.99% and 45.02%. Only the concentration C2 gave over 50% mortality. And we observe two sets of data statistically significant and different at $p < 0.05$.

The figure highlights a very disproportionate efficacy of the aqueous extract of *A. indica* leaf powder on adults of *C. maculatus*. Thus until the second day of application, the concentration C2 gave higher mortality. This trend is reversed in the third day of testing with more substantial effects other concentrations (C1 and C3). Fourth to Sixth day, the effectiveness of the application of these concentrations on adults of *C. maculatus* decreases proportionally according to the concentrations. The lower concentration is more effective than the other between the sixth and tenth day, with greater efficiency in the eighth and ninth days of application (58.33%). Against by the eleventh and twelfth days, only C2 was effective on adults of *C. maculatus*. The last days of the application are characterized by a value proportional to the concentrations of efficiency. 100% of mortalities observed in the fifteenth day of application for all concentrations.

Concentrations	Corrected egg mortality (in %)
C1(0.2 g/cm ³)	43,99 ^a
C2(0.13 g/cm ³)	74,99 ^b
C(30.1 g/cm ³)	45,02 ^a

Table 3: Percentage mortality corrected for testing eggs with the aqueous extract of powdered leaves of *Azadirachta indica*.

Values followed by exposing the same alphabetical letter are statistically equal.

4. Discussion

The efficiency of *A. indica* on the external forms of *C. maculatus* was tested in a laboratory. Thus, three formulations were applied to these forms of insect.

The first three days of testing, the contact of fresh crushed leaves was more effective than the other two applications (aqueous extract and fumigation) on adults of cowpea weevil. This trend is reversed on the sixth day of application for the fumigation. This study shows that aqueous extract of leaves powder *A. indica* proved less effective than other formulations (fumigation and contact with crushed fresh leaves). As for eggs, the test contact was more effective than other applications, while aqueous extract induced the lowest mortality on the outer shape of *C. maculatus*.

All doses applied by contact with fresh crushed leaves on eggs of the insect gave greater than 95% mortality. The effectiveness of this application reminiscent obtained by Faye et al (2012, 2014). Indeed, their work showed mortalities eggs *C. maculatus* between 70% and 90% with the application of ground contact of fresh leaves *Crateva religiosa* (Faye et al., 2012). As with these authors, our results showed a higher efficiency of formulation on eggs of *C. maculatus* with the application of the lowest dose (D1 (0.00364g/cm³)) and the highest dose (D4 (0.02912g/cm³)). This same observation is found by other authors (Faye et al, 2014) with the application of the same formulation. They have shown with the use of *Senna occidentalis* mortality of 45% with the lowest dose (D1 (0.00364g/cm³)) and 40% with the highest dose (D4 (0.02912g/cm³)). These results may lead us to think that the contact sheet plants insecticide or repellent effect and becomes more efficient with the application of specific doses such as D1 (0.00364g/cm³) and (D4 (0.02912g/cm³)). D other authors have also shown notable effects of neem powder on the activity of *C. maculatus*. This is the wake Radha and Murugan (2011) showed a reduction in seed damage cowpea up to 12% by the application of this plant powder. powder contact leaves of other plants such as *C. religiosa* was evaluated on other insects. thus Mbaye et al (2014) showed mortalities of adult *Dermestes ssp* no more than 50% after 13 days of application with the powdered leaves of *C. religiosa* (8g/2kg.) in our study, the contact of fresh crushed leaves gave 100% mortality on adult *C. maculatus*. On the same insect Wahedi et al (2013), have identified mortality of 2.50 ± 1.29 with 10 adults on the application of neem seed powder. This difference of effect on these two plants of these two insects was linked to a difference in active molecules contained in both plants and or to a difference in size of these two insects.

Fumigation was very effective from the seventh day of the experiment with 100% mortality with the application of high dose D4. This trend has been reinforced with additional doses on the following days. Our results are in the same movement as Faye et al (2014). These researchers have demonstrated the efficacy of *S. occidentalis* on adults as well as eggs of *C. maculatus*. According to study their greater efficiency compared to that of adults eggs. The same is observed in study. This greater sensitivity of adult *C. maculatus* fumigation could see the presences of antennas are very sensitive organs environmental insects, so the active molecule in the fresh leaves of plants. Other researchers have also shown the efficacy of the fumigation of different herbal formulations on different insects. In this Fredros et al., 2007, reported LC50 effect with the application of 11ppm of neem oil on *Anopheles gambiae* after 8 days of exposure. It is the same for Ketoh et al., 2005, which showed very significant mortality of adult *C. maculatus* exposed to the essential oil of *Ocimum basilicum* (25µl / g) after 12 hours of fumigation. Very remarkable ovicidal effects on *C. maculatus* are highlighted by Ketoh et al., 2005, as well as Kiendrebeogo et al., 2006.

The aqueous extract of neem was very effective (74.99%) with the application of C2 on the eggs of *C. maculatus*, while C1 and C3 gave respectively 43.99% and 45.02%. We also increased the efficacy of lower concentration (C3) between the 6th and the 10th day of the experiment, while the following day it is the highest concentration (C1) which was more effective. Several other researchers have found an effectiveness of this plant on insect pests of stored products. It is in this context that Odeyemi and Ashamo, 2005, highlighted the effectiveness of *A. indica* on control of *Trogoderma granarium*. They thus obtained mortalities 60.00 ± 2.24% of adults with the application of neem leaf extract (500 mg / ml), while the extract containing neem seeds (500 mg / ml) induced mortality of 55.08 ± 3.62% of the adult insect. To this end the witnesses showed 36.42 ± 4.62 mortalities% for adult *Trogoderma granarium*. They also detected emergences of adults 48.26 ± 4.52 with the application leaf extract of *A. indica* (500 mg / ml), then with the neem seeds (500 mg / ml), they get 42.62 ± 4.60 emergences for adults of this insect. They recorded the emergences of 73.20 ± 4.83 adults with the witness. Wahedi et al., 2013, obtained 4.50 ± 1.29 kills on 10 adults of *C. maculatus* with the application of 1.5ml of aqueous extract of

neem seeds within 24 hours of exposure. By analyzing these results, neem is very effective defense against stored product pest attack. This effectiveness can be explained by neem its composition active molecules. Thus azadirachtin contained in neem and many other molecules have demonstrated efficacy against insect pests of crop inventories (Gauvin et al., 2003).

5. Conclusion and Perspectives

Processes undertaken in our study are inspired from peasant activities against pests of food stocks. Thus we applied several formulations of *A. indica* leaves on eggs and adults of *C. maculatus*. Our study revealed that contact with fresh crushed leaves was more than other formulations (fumigation and aqueous extract) on eggs as well as adults of this insect. We plan to determine the impact of these formulations on the proliferation of the insect and other insects in stored commodities stocks. In addition, we intend in the future to verify the impact of these applications on the survival and fertility of survivors from ovicidal testing *C. maculatus*.

References

- Al-Hazmi, RHM, (2013) Effect of Neem (*Azadirachta indica*) leaves and seeds extract on the growth of six of the plant disease causing fungi. Global Advanced Research Journal 2(5): 089-098.
- Bambara D & Tiemtoré J (2008) Efficacité biopesticide de *Hyptis spicigera* Lam., *Azadirachta indica* A. Juss. et *Euphorbia balsamifera* Ait. sur le niébé *Vigna unguiculata* L. Walp. Tropicicultura 26 (1) : 53-55.
- Faye A, Thiaw C, Ndiaye AG, Sembène M (2012) First investigation of different *Crateva religiosa* Forst formulations on the cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) seed-beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius. International Journal of Science and Advanced Technology 2 (8): 56-65
- Faye A, Thiaw C, Sarr M, Sembène M (2014) Effectiveness of different formulations leaves of *Senna occidentalis* on the external stages of *Callosobruchus maculatus* Fabricius main pest of cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) stored. International Journal of Biosciences 4 (9): 246-253
- Gauvin MJ, Bélanger A, Nébié R, Boivin G, (2003) « *Azadirachta indica* : l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif ? ». Phyto-protection 84 (2): 115-119.
- Gueye S, Thiaw C, Gueye-Ndiaye A, Gueye MT, Samb A, Sembène M (2009) Ovicid and adulticid effects of the petroleum ether and methanolic extracts of dried leaves of *Azadirachta indica* Juss. and *Lantana camara* L. on *Caryedon serratus* (coleoptera, bruchidae.). Journal des Sciences 9 (4): 12-19.
- Ketoh GK, Koumaglo HK, Glitho, (2005) Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon Schoenanthus*.

- Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Stored Products Research* 41 (2005) 363-371.
- Kiendrebeogo M, Ouedraogo AP, OG Nacoulma, (2006) Activités insecticides de *Striga hermonthica* (Del) Benth (*Scrophulariaceae*) sur *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coléoptera : Bruchidae). *Biotectnology, Agronomy, Society and Environment* 10 (1): 17-23.
- Mbaye NN, Sarr M, Ndiaye AG, Samb A, Sembène M, (2014) Repulsive and biocide activities of leaves powder of *Crataeva religiosa* (Forst) on *Dermestes* spp. associated with the salty smoked-dried fish. *International Journal of Biosciences* 4 (1): 306-312.
- Odeyemi OO, Ashamo MO, (2005) Efficacy of neem plant (*Azadirachta indica*) extracts in the control of *Trogoderma granarium*, a pest of stored groundnuts. *Journal of Plant Diseases and Protection* 112 (6): 586-593.
- Radha R, Murugan K, (2011) Bioefficacy Of Plant Derivatives On The Repellency, Damage Assessment And Progeny Production Of The Cowpea Weevil, *Callosobruchus Maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae). *Internet Journal of Food Safety* 13 (2011) 115-123.
- Wahedi JA, David LD, Edward A, Mshelmbula BP, Bullus, Z, (2013) Efficacy of seed powder and extracts of *azadirachta indica* linn (meliaceae) at graded levels on adult *callosobruchus maculatus* (coleoptera: bruchidae) in mubi, north-eastern Nigeria. *International Journal Science and Nature* 4(1): 138-141.

Study of Some Biological Parameters of *Callosobruchus Maculatus* F. Under the Impact of the Persistence of Three Plants (*Azadirachta Indica* Juss., *Senna Occidentalis* L. and *Crataeva Religiosa* Forts.) Native of Senegal

Ablaye Faye^{1,4}, Cheikh Thiaw², Abdoulaye Samb⁴, Mbacké Sembène^{1,3}

¹Department of Animal Biology, Faculty of Science and Technology UCAD, BP 5005, Dakar, Senegal

²ISRA / CNRA Bambey

³Laboratoire BIOPASS CBGP, IRD, Bel Air BP1386 Dakar, Senegal

⁴Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology UCAD, BP 5005, Dakar, Senegal

Abstract : *The persistence of several plants (Azadirachta indica, Crataeva religiosa and Senna occidentalis) was assessed on some biological parameters (sex ratio, oviposition deterrence, emergence rate and number of eggs laid per female) Callosobruchus maculatus, the main pest of cowpea stocks at the laboratory. Applied for all plants, the sex ratio in favor of females of this insect. Only A. indica gave a sex ratio (70%) than controls (60%). The comparative study of the deterrent effect of oviposition of C. maculatus three plants showed greater efficacy of S. occidentalis with application of C₁ concentrations (83.17%) and C₃ (98.55%). By cons for C₂ is that A. indicawhich was more determinant (74.80%) in this setting. This plant is also more effective than others in reducing the emergence of adults of this insect, from the eggs laid by the survivors of an ovicidal treatment. Compared with controls, the eggs from female survivors have laid few eggs. And there is a reductive effect of the laying females under the impact of the plants tested. We have in fact observed greater efficiency of S. occidentalis reduced egg of C. maculatus with the application of the two highest concentrations. However C. religiosa was more effective than other plants with the impact of C₃.*

Keywords: *afterglow, Azadirachta indica, Senna occidentalis, Crataeva religiosa, Callosobruchus maculatus, biological parameters*

1. INTRODUCTION

Cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) Is one of the most important food legume in the world. It is cultivated in tropical and subtropical regions. Its worldwide production exceeds 3 million tonnes (FAOSTAT, 2004), of which more than half is obtained from West Africa. In addition, the West African production is dominated by Nigeria. Cowpea, coveted by indigenous peoples in tropical and subtropical regions of the world is very rich in protein. Its lust is also based on its amino acid composition. Indeed cowpea contains all the amino acids necessary for human consumption with the exception of sulfur amino acids (Smart, 1964). It may therefore contribute to the effort of African governments in search of food self-sufficiency. However, it is a victim of a disastrous infestation. It begins in the field on pods of *V. unguiculata* and continues in stocks on the seeds and dry beans. This infestation is often the work of two sympatric Bruchinae *Bruchidius atrolineatus* and *Callosobruchus maculatus*. The latter is the more great because that can be maintained in inventory during the whole time of storage. Therefore *C. maculatus* can cause loss of seeds from 80 to 100% after 5-6 months of storage. To compensate for these losses, farmers often use summaries of insecticides. These have long contributed to an effective fight against insect pests, but currently their effectiveness is controversial. Indeed, their continued use is involved in the selection of resistant strains and the elimination of natural enemies of pests. These syntheses insecticides cause environmental pollution and concentrate in food chains. To counter the effect of these insecticides syntheses, many researchers consider looking for alternatives to these (Doumma *et al*, 2011; and Abdullahi Majced, 2010; Singh, 2011; Toufique *et al*, 2014; Faye *et al*, 2014).

It is in this order that we proposed to evaluate the effect of the persistence of three native plants of Senegal (*C. religiosa*, *A. indica* and *S. occidentalis*) on some biological parameters of *Callosobruchus maculatus*. Indeed, we sought the impact of these plants on the nature of the sex of emerging adults of this insect, their deterrent effect of its oviposition, adult emergence rate and the average number of eggs laid per female survivor.

2. METHODOLOGY: BIOLOGICAL PARAMETERS

The determination of these biological parameters is performed by running a series of experiments. After ovicides tests with aqueous extracts of the powder of different plants used (*Crateva religiosa*, *Senna occidentalis* and *Azadirachta indica*), adult survivors emerging from treated eggs are placed in pairs in numbered Petri dishes containing healthy seeds cowpea (and the coupling between male and female is performed). Initially, it was about to put 10 pairs of *C. maculatus* survivors in Petri dishes containing 10 seeds each cowpea, order a pair per box. The seeds are renewed daily and replaced (infested) are placed in Petri dishes with the laying date. Note, however, that conditions (lack of water and food) are applied to these emerging young adults. The experiment continued until the death of those rescued couple. This allows to assess the fertility of females. To test the impact of treatment with plant extracts, we conducted the same series of experiments with adults from untreated eggs (controls).

Immediately after the replacement, we conducted a count of eggs laid on the replaced seeds, for females of each couple. At the end of the experiment, the following parameters were assessed:

- The sex ratio (R) gives the percentage of females compared to all descendants. Sexing is done by observing the last abdominal tergite which is curved in the male and the lying female. If the sex ratio is higher than 50% so the sex ratio in favor of females, otherwise it is in favor of males. It is determined by the following formula: $R = (\text{Number of emerged females} / \text{total number of emerged individuals}) \times 100$.
- The oviposition deterrence (OD) is determined by the formula applied by Ravinder Singh (2011); $OD = (\text{number of eggs laid by adult survivors} - \text{the number of eggs laid by adult witnesses}) / (\text{number of eggs laid by adult survivors}) \times 100$.
- The emergence rate (RE): It is determined by the ratio between the total number of emerged adults and the total number of eggs; $TE = (\text{Number of emerged adults} / \text{total number of eggs}) \times 100$.
- The number of eggs laid by females (N) which is the total number of eggs laid per female throughout her life.

3. RESULTS

3.1. The Sex Ratio

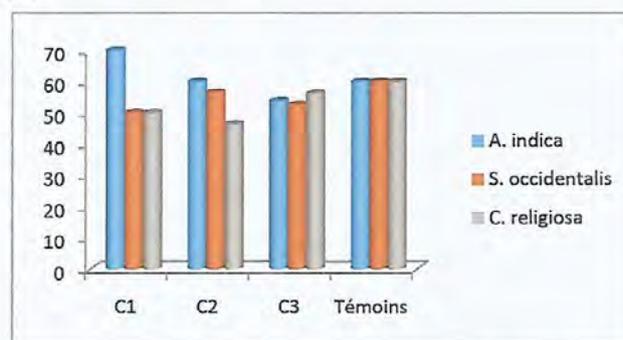


Fig1. Sex ratio of adults from eggs treated with the aqueous extract of different plants

The analysis of the following figure shows the effect of different plants on the nature of the sex of adult survivors from ovicides test with the application of all concentrations. It turns out that the sex ratio in favor of females of *C. maculatus* with the application of neem for all concentrations. We note that this favor is attenuated with decreasing concentration. Thus, the highest concentration

Study of Some Biological Parameters of *Callosobruchus Maculatus* F. Under the Impact of the Persistence of Three Plants (*Azadirachta Indica* Juss., *Senna Occidentalis* L. and *Crataeva Religiosa* Forts.) Native of Senegal

gives a percentage of sex ratio of 70% when other concentrations give 60%, respectively (C₂) and 53.85% (C₃) sex ratio. *C. religiosa* and *S. occidentalis* were all induced separated sex ratio (50%) between males and females with the application of the C₁ concentration. The sex ratio in favor of males of the cowpea weevil with the impact of *C. religiosa* by applying the C₂ concentration. It's only with C₃ as *C. religiosa* gave a higher sex ratio than that given by other plants in favor of females of the insect. Only with the application of *A. indica* with C₁ (70%) we see a higher sex ratio as that given by witnesses (60%) in favor of females.

3.2. Deterring Oviposition Survivors of *C. Maculatus*

The results of deterring oviposition of *C. maculatus* survivors after treatment with *C. religiosa* are summarized in the following figure. It is clear from these results that the oviposition deterrence is generally greater with the impact of lower concentration (C₃), whereas it becomes weaker under the influence of the highest concentration. Nevertheless, we note the first day of oviposition C₂ caused the greatest deterrent to 43.31%. When the C₁ and C₃ concentrations give respectively 4.72% and 30.71% of oviposition deterrence *C. maculatus* on the seeds of cowpea. We also note that it is only the third day of oviposition the highest concentration (C₁) induced a greater deterrent to that caused by other concentrations, C₂ and C₃, which gives respectively 43.48% and 32.17%. It is also notable that only C₁ did not give 100% oviposition deterrence seventh day of oviposition.

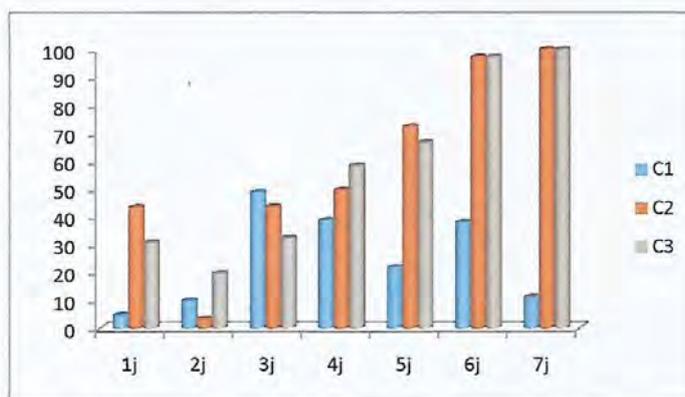


Fig2. *C. religiosa* deterrent effect on oviposition survivors of *C. maculatus*

The figure below shows that the deterrent effect of oviposition of *S. occidentalis* was felt until the third day of oviposition. The first two days show that the two lower concentrations (C₂ and C₃) showed any, negative effects on deterrence of oviposition of *C. maculatus* on the seeds of cowpea, while C₁ yielded a deterrent negative (-6.52%) at the second day of application. The most negative deterrent effect of oviposition was recorded on the first day of the experiment with the lowest concentration (C₃). On the fourth day of the application, we note deterrent effects of oviposition very interesting, with a greater impact with the application of C₁. The latter gives respectively 94.06% and 98.55% of oviposition deterrence in the fourth and fifth days of the experiment. On the fifth day of oviposition, C₃ concentration induced a maximum deterrent effect (100%) of *C. maculatus* oviposition, while C₁ and C₂ do not give as sixth and seventh days' 1 respectively application. It is generally found that C₁ is the most effective concentration of oviposition deterrence *C. maculatus* Seeds of cowpea (*Vigna unguiculata*) with the impact of *S. occidentalis*.

Azadirachta indica showed deterrent effects of oviposition of *C. maculatus* on the seeds of *V. unguiculata* on the first day of the experiment, with decreasing effects with the concentrations. Thus, the C₁, C₂ and C₃ have concentrations given oviposition deterrents of 78.74%, respectively, of 74.80% and 44.09%. The second and third days showed a greater impact of C₂, which gave 54.35% and 53.91% respectively deterrent effect. At this time the lower concentration showed negative effects. The importance of deterrence and experiencing a change in time with the



application of various concentrations. Thus, after the first day of the experiment the concentration C₁ proved less effective than the other concentrations throughout the remainder of the experiment, except for the second and third days of the impact period C₃ induced adverse effects on oviposition deterrence. However C₂ is more efficient than C₃ after the fifth day of the application. It thus gives 100% oviposition deterrence on the sixth day of the experiment, during which, we note 94.60% of oviposition deterrence with the application of C₃. *A. indica* and shows a greater effectiveness of the concentration C₂, compared to all other concentrations (C₁ and C₃) on oviposition deterrent to *C. maculatus* on seeds of *V. unguiculata*.

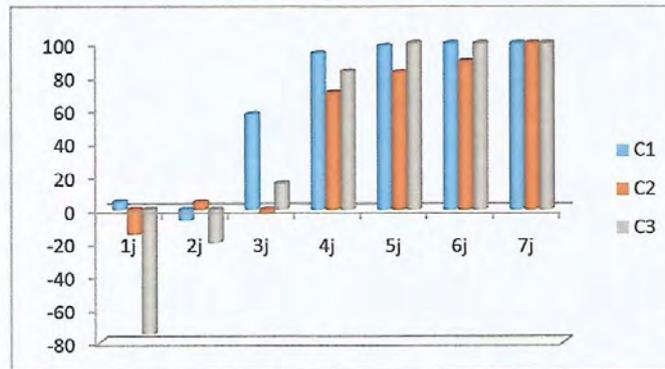


Fig3. Deterrent effect of *S. occidentalis* on oviposition survivors of *C. maculatus*

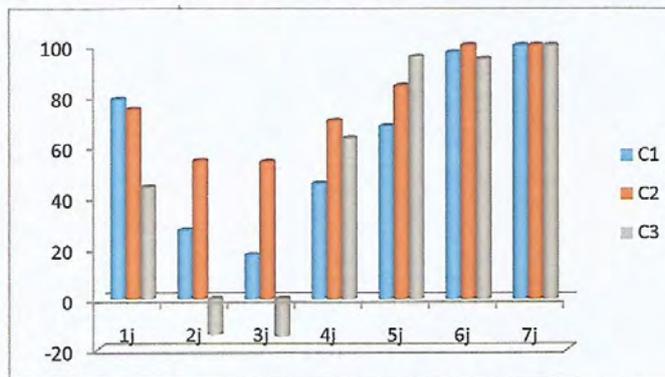


Fig4. Deterrent effect of *A. indica* on oviposition survivors of *C. maculatus*

3.3. The Rate of Emergence of *C. Maculatus*

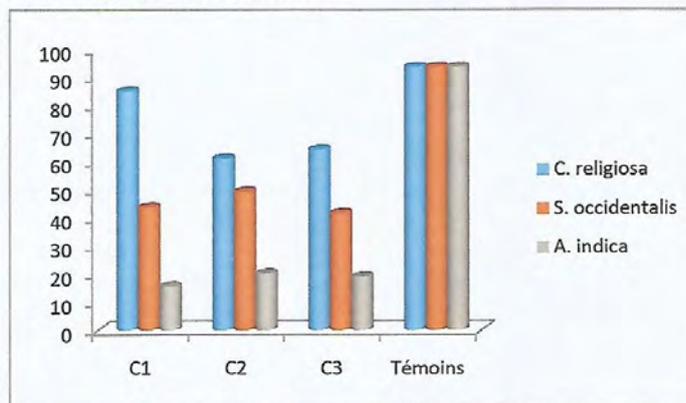


Fig5. Adult emergence rate from the eggs laid by the survivors of *C. maculatus*

Study of Some Biological Parameters of *Callosobruchus Maculatus* F. Under the Impact of the Persistence of Three Plants (*Azadirachta Indica* Juss., *Senna Occidentalis* L. and *Crataeva Religiosa* Forts.) Native of Senegal

For all concentrations used, *A. indica* shows have less impact on the emergence of adult *C. maculatus* all other plants. Thus we recorded with *C. religiosa* of 85.17% emergences of 61.17 and 64.38% with the respective application concentrations C₁, C₂ and C₃. Of all the plants *A. indica* is the one that causes the lower rate of adult emergence of cowpea weevil with all applied concentrations. Concentrations C₁, C₂ and C₃ and respectively induce emergence rates of 15.72%, 20.4% and 18.98%. We also note that the reductive impact of the emergence of adult *C. maculatus* became lower for *S. occidentalis* and *A. indica* with C₂ application, then it is more important for *C. religiosa* with the application of the same concentration. C₁ concentration gave less impact on reducing adult emergence of the insect than other concentrations (C₂ and C₃) with the application of *C. religiosa*. For cons, the reverse effect is noted for other plants.

3.4. The Number of Eggs Laid Per Female

The figure below provides information on the number of eggs laid per female survivor of ovicides tests with different plants. We record with the two highest concentrations (C₁ and C₂), the females survivors tests ovicides with the application of *C. religiosa* have laid more eggs than those from the application with other plants (*A. indica* and *S. occidentalis*). Thus, with the application of *C. religiosa*, a female gives average by 83.6 and 86 eggs, respectively, with the impact of C₁ and C₂; while a female survivor of the application of *A. indica* has averaged 76.33 laid eggs with the impact of C₁ and C₂ with 56 eggs effect. By *S. occidentalis* against induced a lesser number of eggs laid per female survivor than other plants with the impact of C₁ and C₂, which respectively gave 56.6 and 58 eggs per female. With the application of C₃, *A. indica* gave more eggs per female than other plants, *S. occidentalis* and *C. religiosa* who give respectively 69.8 and 61.2 eggs. Overall, it appears, and the effect of *S. occidentalis* is greater than that induced by other plants on reducing the laying of the survivors. In comparison of the effect of all plants, adult witnesses have laid more eggs (109.6 per female) than adults survivors of the application of the aqueous different plants leaf powder extract. Therefore, we have noticed that all the applied plant cause a real impact on the reduction of spawning female *C. maculatus*.

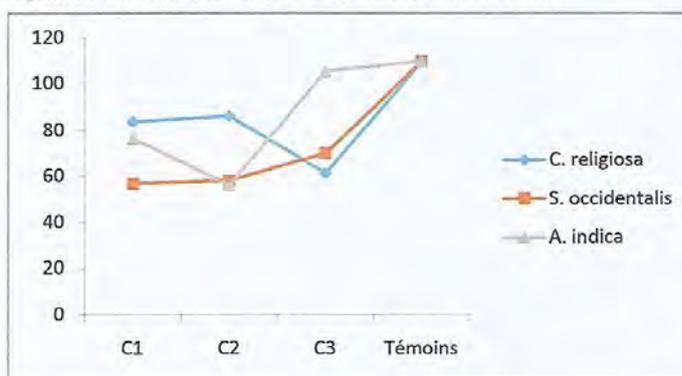


Fig6. Number of eggs laid per female survivor *C. maculatus* in function of the concentration with the application of different plants

4. DISCUSSION

Our study reveals that the percentage of sex ratio is generally in favor of females and this regardless of the applied concentration. It also shows that this favor is accentuated than with *A. indica* with other plants. Only *C. religiosa* gave a sex ratio towards males of *C. maculatus*. Compared to the control batch which also gave a favor to females, *A. indica* is the only plant that induced sex ratio greater than that of the batch with the application of control C₁. Our results are in the same vein as those of N'goran-Ouali *et al* (2014). These authors obtained a sex ratio towards females of *C. maculatus*. It ranges around 85% with the use of different varieties of cowpea as spawning substrates (IT97K499-38: 85.20 ± 1.12%; IT96D610: 85.15 ± 1.24% and TVX1248: 85, 07 ± 1.6%). The numerical superiority of females could affect the reproductive behavior of the offspring, because if females get very many compared to males, recurrence egg

without fertilization would be very important. This would have a significant impact on the fertility of eggs and consequently on the number of adults that emerge from that eggs. Also we noticed in monitoring these survivors per couple that the male always dying first, whatever the plant considered and applied concentration. In addition the control showed otherwise. Our results corroborate with those of Thiaw (2008) which showed the effect of *S. occidentalis* and that of *Calotropis procera* on sexing *Caryedon serratus* adult emerging from eggs treated with these plants. He showed that *S. occidentalis* had induced a higher sex ratio than that induced by *C. procera* whatever the extraction solvent used, which is always in favor of females.

The deterrent effect of oviposition survivors adult *C. maculatus* varies with time, concentration and the applied plant. It is clear from our study that *A. indica* is the most crucial plant in deterring oviposition of *C. maculatus* on the seeds of *V. unguiculata*. This dominance of oviposition deterrent is more remarkable with the implementation of the C₂ concentration. In our study, all tested plants cause fertility reduction female *C. maculatus* eggs survivors treated with aqueous extracts of these plants. Our results were confirmed by those of several authors working on oviposition of the insect. Indeed, Rotimi and Egbomwan showed in 2012 the effectiveness of several species of citrus Adult emergence *C. maculatus* and their oviposition on the seeds of cowpea. Thus they identified that *Citrus sinensis* caused deter oviposition between 72 and 79% while *C. tangerina* resulted 62-68% oviposition deterrence female *C. maculatus*. Furthermore Ravinder Singh (2011) detected a deterrent oviposition female *C. maculatus* 58.86% with the application of 1.0ml / 100gm of aqueous extract of neem, while the lowest dose (0,5ml / 100gm) induced 36.98% of oviposition deterrence. The notable difference in oviposition deterrence recorded in our study versus concentrations and tested plants reside in their content of toxic substances to insects. This idea was supported by Ravinder Singh in his assessment of deterring oviposition of *C. maculatus* females. The notable difference of the deterrent effect of oviposition identified by this author with our with the application of neem extract, is linked to the fact that processing takes place on seeds constitute spawning substrates insects while our processing was done on seeds carrying eggs that gave rise to adults to which carry oviposition study. This difference may also reside in the difference of solvents used. Furthermore Thiaw (2008) showed average oviposition survivors of female *C. serratus* about 56.872% and 58.167% of peanut seeds, respectively, with treatment of *S. occidentalis* and *C. procera*. Many other studies show that the plant extracts are very effective in reducing the fertility of stored product pests. It is in this light that Kellouche and Soltani (2004) highlight a fertility reduction of female *C. maculatus* with the impact on chickpea seed powder leaves of four plants, lemon, fig, eucalyptus and olive trees, while the essential oils of clove inhibit spawning females of this insect. The number of eggs laid per female of *C. maculatus* was significantly reduced by the effect of essential oils from aromatic plants both from Ivory Coast, *Melaleuca quinquenervia* L. and *Ocimum basilicum* L. (Seri-Kouassi *et al* , 2004). Dan Mairo, working on different strains of *C. maculatus* showed that the persistence of crushed leaves of *Boscia senegalensis* induced differences in the number of eggs laid by females. There was thus obtained numbers ranging from 38,9 ± 15,53 to 57,4 ± 22,32 to different strains ((Maradi 57,4 ± 22,32), (Gaya 38,9 ± 15,53), (Ayerou 40,25 ± 17,24) and (Tchintabaraden 42,2 ± 16,26)).

The fertility of the eggs laid by female survivors made evaluation office in our study. We have noticed a very large eggs fertility reduction laid by the survivors from the treatment with *A. indica* whereas the survivors of treatment with *C. religiosa* give very fertile eggs. Our results may be understood, when we question those of Ikura H. *et al* (2010). They show the attraction and the stimulation of oviposition of *Pieris rapae* by cabbage and *C. religiosa*. The spawning of *C. religiosa* stimulation *Pieris rapae* to be related to the méthylthiocyanate, very close molecule Allylthiocyanate. The latter was identified responsible for the attraction and spawning of *P. rapae* on cabbage. One may therefore conclude that this molecule is responsible for of the largest fertility of eggs survivors treated with *C. religiosa*. The greatest reduction of fertility that we identified on the eggs survivors treated with *A. indica* is related to bioactive molecules contained in the plant, of which the most studied is azadirachtin. ; but it is noted that it is the support of several bioactive molecules that is at the origin of the insecticidal activity of this plant (Gauvin *et al.*, 2003). The work of some authors confirmed ours on the emergence of adults from control eggs. Thus N'goran-Ouali *et al* (2014) showed a rise of 80.86% of adults on the IT97K499-38 variety, while we had recorded 93.80% of emergence with witnesses. Thus we see a real impact

Study of Some Biological Parameters of *Callosobruchus Maculatus* F. Under the Impact of the Persistence of Three Plants (*Azadirachta Indica* Juss., *Senna Occidentalis* L. and *Crataeva Religiosa* Forts.) Native of Senegal

extract leaf powder of these plants on the fertility of the eggs laid by adult survivors ovicidal tests. Dan Mairo (2011) meanwhile, got eggs fertility rates of *C. maculatus* from 94.92 to 98.28% as a result of *B. senegalensis*. So the plants that we used seem more effective than *B. senegalensis* on reducing fertility of eggs laid by *C. maculatus*. This difference in efficiency would be the work of a different nature of bioactive molecules contained in these plants or their concentration. We could also look for it in the difference in the effectiveness of the persistence of the products of these different plants. The work of Dan Mairo (2011), *B. senegalensis* showed also a greater persistence than that of plants that we used on the reduction of the adult emergence rate of *C. maculatus*. Other control methods against pests have also been undertaken by many researchers. These methods rely on the resistance of certain varieties of plants against insects. It is in this movement that Doumma *et al* (2011) have obtained interesting results on restricting the proliferation of *C. maculatus*, through the application of several local varieties of cowpeas from Niger. They obtained larval mortality rate of *C. maculatus* than 20% with the exception of 041-84 and 057-84 varieties, which respectively induces larval mortalities $12.810 \pm 3.15\%$ and $\pm 2 17.423 35\%$. The results obtained by these authors identified among the varieties tested, two local ecotypes, 063-84 and 044-84, which appear to significantly reduce the development of *C. maculatus*. The impact of these two varieties results in the inhibition of post-embryonic development of this species, respectively, resulting 49% and 42% larval mortality compared to strength indicator which recorded 80%. This has led to significantly reduce the emergence of adults of this species in these varieties compared to other varieties where emergence rates of over 60% are observed (Doumma *et al*, 2011).

5. CONCLUSION AND PERSPECTIVES

The persistence of several plants has been evaluated in several biological parameters of *C. maculatus* in our study. The sex ratio induced by the persistence of all plants proved broadly in favor of females. Furthermore *A. indica* has been more favorable than all other plants emerging females than males. The impact of the persistence of the plants used on the oviposition deterrence of this insect is real. Thus *S. occidentalis* was more reducing on the amount of eggs laid with the impact of all plants. *C. religiosa* is also the least efficient plant on the decrease in the number of eggs laid per female, as well as reducing the rate of emergence from eggs laid by adult survivors of *C. maculatus*. In contrast, we recorded a higher efficiency of *A. indica* on the evaluation of the latter two biological parameters. We intend in the future to assess the impact of these plants and other plants on other biological parameters of the insect and other insects in the real storage systems.

REFERENCES

- [1] **Abdullahi N. and Majeed Q., 2010.** Evaluations of the Efficacy of *Vitellaria paradoxa* seed powder on the Oviposition eggs viability and mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on treated cowpea seed. *African Journal of General Agriculture* 6(4):289-293
- [2] **Dan Mairo A. M., 2011.** Cartographie des paramètres biologiques de *Callosobruchus maculatus* suivant les zones agroécologiques du Niger
- [3] **Doumma A., Salissou O., Sembène M., Sidikou R.S.D., Sanon A., Ketoh G.K., Glitho I.A., 2011.** Etude de l'activité reproductrice de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) sur dix variétés de niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. en présence ou non de son parasitoïde, *Dinarmus basalis* R. (Hymenoptera : Pteromalidae). *Journal of Animal & Plant Sciences* 11(2): 1398-1408
- [4] **Gauvin M. J., Bélanger A., Nébié R., Boivin G., 2003.** « *Azadirachta indica* : l'azadirachtine est-elle le seul ingrédient actif ? ». *Phytoprotection*, 84 (2) : 115-119.
- [5] **Ikeura H. Kobayashi F. and Hayata Y., 2010.** Attractant and oviposition stimulant of *Crataeva religiosa* Forst. to *Pieris rapae*. *Asian Journal of plant Science*. 9 (8)492-497, 2010.
- [6] **Kellouche Abdellah, Soltani Nourudine., 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International Journal of Tropical Insect Science* 24(1): 184-191.

- [7] **Koubala B. B., Miafo A. P. T., Bouba D., Kamda A. G. S. and K. G., 2013.** Evaluation of Insecticide Properties of Ethanollic Extract from *Balanites aegyptiaca*, *Melia azedarach* and *Ocimum gratissimum* leaves on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Asian Journal of Agricultural Sciences* 5(5): 93-101
- [8] **Moumouni D. A., Doumma A. Sembene M., 2013.** Influence des zones agroécologiques sur les paramètres biologiques de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera-Bruchidea), ravageurs des graines du niébé (*Vigna unguiculata* Walp.) au Niger. *International Journal Biological Chemical Sciences* 7(5): 1866-1876
- [9] **Ouali-N'goran S-W. M., Boga J.P., Johnson F., Tano Y. and Fouabi K. (2014).** Influence of dietary factors of five varieties of beans sold in Côte d'Ivoire on some biological parameters of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) Coleoptera, Bruchidae. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(1): 3251-3262
- [10] **Rotimi J. and Evbuomwan C.O., 2012.** Deterrent effects of citrus peel oils on oviposition and adult emergence of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*. 3 (6):3545-3550.
- [11] **Singh Ravinder., 2011.** Evaluation of some plant products for their oviposition deterrent properties against the *Callosobruchus maculatus* (F.) on Chik pea seeds. *Journal of Agricultural Technology* 7(5): 1363-1367
- [12] **Thiaw Cheikh., 2008.** Bioactivité des extraits de *Calotropis procera* ait. et de *Senna occidentalis* l. sur *Caryedon serratus* (ol.), ravageur des stocks et semences d'arachide au Sénégal. *Thèse de doctorat de troisième cycle de Chimie et Biochimie des Produits Naturels*. pp : 196
- [13] **Toufique B. M., Moumouni D. A., Kadidjatou H. H., and Doumma A., 2014.** Etude de quelques facteurs influençant l'efficacité de l'activité insecticide de *Boscia senegalensis* Lam (Ex. Poir) dans le contrôle de *Callosobruchus maculatus* F.(Coleoptera-Bruchinae), ravageur du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 8 (1): 320-327
- [14] **Uddin II, R.O. and Adesiyun, A.A., 2012.** Laboratory Investigation on Oviposition and Development of *Callosobruchus maculatus* (F.) on Four Varieties of Cowpea. *Agrosearch* 12 (1): 31 – 36.