

CN970020
2150
CAT7

**THEME : RECHERCHE SUR LES NOUVELLES
SUBSTANCES BIOCIDES VEGETALES -
APPLICATION AU CONTROLE DES BRUCHES DU
NIEBE *Callosobruchus maculatus* F. ET DE
L'ARACHIDE *Caryedon serratus* Ol.**

**MEMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR AGRONOME**

Spécialisation : PRODUCTIONS VEGETALES

Par

Mamadou CAMARA

Soutenu le 19 Novembre 1997 devant le jury

M Moussa FALL

Directeur de l'ENSA et Président du jury

M Alioune. COL Y

Directeur des études de l'ENSA

M Saliou NDIAYE

Chef du département Productions Végétales

M Abdoulaye NIASSY

Chef du Laboratoire Entomologie, DPV de Dakar

Mme GUEYE Absa NDIA YE

Maître Assistant Dpt Biologie Animale, UCAD

M Dogo SECK

Chef du CNRA de Bambey, ISRA

AVANT-PROPOS

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès (E.N.S.A.) et l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Il s'inscrit dans le cadre du programme «Recherche de nouvelles substances biocides d'origine végétale respectueuses de l'environnement» du laboratoire d'Entomologie des Denrées Stockées et de Technologie Post-Récolte du Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey (C.N.R.A.).

Si ce travail a pu aboutir c'est grâce à l'aide de plusieurs personnes que je ne saurai citer toutes.

Qu'il me soit toutefois permis d'exprimer toute ma gratitude à :

- z Mon maître de stage, Dr. Dogo SECK, Chef du CNRA de Bambey pour m'avoir accepté volontiers dans sa structure. Il n'a ménagé aucun effort pour m'assurer un bon cadre de travail. Je le prie d'accepter mes sincères remerciements pour la confiance qu'il m'a accordée en me confiant ce travail combien passionnant. Sa rigueur scientifique et son dynamisme dans le travail m'ont été d'un grand apport.
- Monsieur Moussa FALL, Directeur de l'ENSA, Mr. COLY, Directeur des Etudes et à travers eux tout le personnel de l'ENSA ;
- Mon Chef de Département Mr. Saliou NDIAYE pour la qualité de la formation qu'il a toujours voulu nous assurer. J'admire beaucoup sa modestie et sa passion pour les sciences ;
- Tous les Professeurs du Département des Productions Végétales :

Monsieur Abdoulaye DRAME
Madame Irina THIELLO
Monsieur Bassirou MBACKE
- Monsieur Sébastien THIBAUT pour sa rigueur et la pertinence de ses suggestions que j'ai toujours appréciées. Je suis très reconnaissant de l'intérêt qu'il a attaché à ce travail ;
- z Monsieur Barou SIDIBE, pour son appui et ses conseils qui m'ont été d'un grand apport
- z Madame TALL, pour son appui. Je lui suis très reconnaissant ;

- Madame Diouf née Fatou Binetou DIALLO ainsi que Melle Fatoumata DIALLO du CERAAS ;
- Messieurs Omar DIOUF et Macoumba DIOUF tous deux Chercheur au Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'adaptation à la Sécheresse. Leurs conseils et suggestions m'ont beaucoup servi ;
- Monsieur Moctar WADE, Chercheur-Malherbologiste au CNRA de Bambey ;
- Monsieur Amadou BA, Chercheur au CNRA et Coordonnateur du Réseau Arachide - CORAF qui m'a toujours été d'un important apport scientifique et moral. J'admire beaucoup sa modestie et sa courtoisie ;
- Madame Mbène D. FAYE , pour ses suggestions que j'ai beaucoup appréciées ;
- Mame Nahé DIOUF, pour son soutien moral ;
- A Tout le personnel sympathique du CNRA de Bambey.

Je ne saurais clore cette liste sans exprimer ma sincère reconnaissance au Professeur SAMB du Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles de l'UCAD pour la fourniture des huiles de *Balanites aegyptiaca* et de *Parinari macrophylla*, ainsi qu'à Monsieur Mansour FALL Coordonnateur de l'ONG Vision Mondiale pour la fourniture de l'huile de *Azadirachta indica*.

Mes remerciements les plus chaleureux sont aussi destinés à tous les Elèves-Ingénieurs de l'ENSA, particulièrement à Maty BOCOUM, Alassane MBENGUE, Mamadou BADIANE, Sédar NGOM, Oumy THIAM, Mamadou CAMARA «junior», Moustapha DIAW, Abdou Niang THIAM, Nicolas DIOKH, KONATE et à Ndiaye Omar SY

Ma gratitude va également à Abdou Razack Fall pour sa disponibilité et sa courtoisie

Je joins à ces remerciements, Monsieur Edouard MASSALA Etudiant à l'ENCR de BAMBEY, en souvenir des moments passés ensemble.

RESUME

L'arachide et le niébé jouent un rôle très important dans l'économie des pays de l'Afrique Subsaharienne et l'alimentation de leurs populations.

Ces deux légumineuses subissent de redoutables attaques par la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* F.) et celle de l'arachide (*Caryedon serratus* OL.). Après 4 à 6 mois de stockage, ces bruches peuvent détruire plus de 50 à 100 % des produits stockés qui deviennent ainsi non commercialisables et inconsommables. Par ailleurs, ces ravageurs entraînent une baisse considérable du potentiel germinatif des semences.

Face à ce fléau, des recherches sont menées pour trouver des méthodes de lutte en adéquation avec le contexte socio-économique et agronomique des populations rurales.

Cette étude, qui avait comme objectif l'évaluation de l'efficacité de 8 plantes reconnues par les populations pour leurs propriétés insecticides, présente des résultats qui confirment leur activité biologique très intéressante.

L'huile de *Azadirachta indica* à la concentration de 2 ml/kg provoque une mortalité imaginale maximale de *Callosobruchus maculatus* et une inhibition totale de la descendance F1. Les autres huiles testées (*Balanites aegyptiaca*, *Parinari macrophylla* et *Arachis hypogea*) ont une moindre efficacité mais peuvent réduire de façon très significative les émergences de la population F1 qui constituent un indicateur de l'importance de l'infestation et des dégâts subséquents. En effet, l'huile de *Balanites aegyptiaca* et celle de *Arachis hypogea* à la concentration de 10 ml/kg entraînent une quasi inhibition des émergences.

Les feuilles fraîches triturées de *Boscia senegalensis* provoquent une activité létale des adultes de *C. maculatus* à la dose de 0,67 g/l et 1,33 g/l pour ceux de *C. serratus*.

La poudre des graines de deux variétés de *Pachyrhizus* testées (EC 2 19 et EC 503) présente une grande activité biologique sur les adultes de *C. maculatus* et de *C. serratus* à faible dose, avec une réduction très significative des émergences de la descendance F1. Ces substances végétales offrent des perspectives intéressantes de protection efficace des semences de niébé et d'arachide en milieu rural.

Mots clés : Légumineuses, *Callosobruchus maculatus*, *Caryedon serratus*, *Boscia senegalensis*, *Azadirachta indica*, *Parinari macrophylla*, *Balanites aegyptiaca*, *Arachis hypogea*, *Pachyrhizus erosus*,

ABSTRACT

Groundnuts and cowpea are important crops in sub-saharan's economy and alimentation; Unfortunately seeds of these two Fabacea are subject to bruchids attacks by *Caryedon serratus* and *Callosobruchus maculatus* respectively. These two beetles cause important damage of stored products, which can be total within 4 to 6 months of storage. In additions insect attack they reduce germination potential of seeds. Our study aimed to evaluate biological activity of eight (8) plants in order to choose the most effective for struggle against bruchids

Azadirachta indica oil exhibited interesting activity and caused 100 % mortality of the *C. maculatus* adults at 2 ml per kg. That efficiency is confirmed by a significant reduction of F1 population. *Balanites aegyptiaca* oil and *Arachis hypogea* oil have also an important effect to reduce the population of a new generation at 10 ml per kg.

Pachyrhizus erosus (varieties EC 503 and EC 219) seed powder at ver-y low concentration showed a high insecticid activity on *C. maculatus* and *C. serratus* adults and significantly reduced the F1 progeny of the cowpea bruchid.

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS.....	
RESUME.	
ABSTRACT.....	
INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE.....<.....	

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. LES FABACEAE	4
1.1. Le niébé (<i>Vigna unguiculata</i>)	4
1.1.1. Taxonomie, description et écologie	4
1.1.2. Valeur alimentaire et importance économique.	5
1.2. L'arachide (<i>Arachis hypogea</i>)	6
1.2.1. Taxonomie , description et écologie	6
1.2.2. Valeur alimentaire et importance économique..	8
2 - LES COLEOPTERES BRUCHIDAE	10
2.1. La bruche du niébé (<i>Callosobruchus maculatus</i>)	11
2.1.1. Systématique et synonymie	12
2.1.2. Morphologie..	12
2.1.3. Biologie et écologie	13
2.1.4. Dégâts et importance économique	13
2.2 La bruche de l'arachide(<i>Caryedon serratus</i>)	14
2.2.1. Systématique et synonymie.	15
2.2.2. Morphologie..	15
2.2.3. Biologie - écologie	16
2.2.4. Dégâts et importance économique	17

- REVUE DES METHODES DE LUTTE CONTRE LES BRUCHIDAE.....	18
3.1. Lutte traditionnelle	18
3.1.1. Méthodes préventives	18
3.1.1.1. Pratiques culturelles.....	18
3.1.1.2. conception et hygiène des infrastructures de stockage.....	13
3.1.2. Procédés physiques et mécaniques.....	19
3.1.2.1. Températures et humidités	19
3.1.2.2. Utilisation des matières minérales.....	10
3.1.3. Utilisation des substances végétales.....	20
3.2. Lutte moderne	24
3.2.1. Méthodes physiques.....	24
3.2.2. Méthodes biologiques.....	24
3.2.3. Résistance variétale.....	25
3.2.4. Chimio-protection dans le contexte africain.....	26
3.2.4.1. Insecticides de contact.....	26
3.2.4.2. Fumigants.....	27
4 - PLANTES ET EXTRAITS DE PLANTES TESTEES	28
4.1. BOSCIA.....	28
4.1.1. <i>Boscia Senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir	28
4.1.1.1. Taxonomie, description et écologie....	28
4.1.1.2. Utilisations..	29
4.1.2. <i>Roscia angustifolia</i> A. Rich	30
4.1.2.1. Taxonomie,description et écologie	30
4.1.2.2. Utilisations	31
4.2. <i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban	31
4.2.1. Taxonomie, description et écologie	31
4.2.2. Utilisations.....	32

4.3. Huiles végétales.....	34
4.3.1 <i>Balanites aegyptiaca</i> (L.).....	34
4.3.1.1.Taxonomie,description et écologie.....	34
4.3.1.2.Utilisations.....	35
4.3.2 <i>Parinari macrophylla</i>	35
4.3.2.1.Taxonomie,description et écologie.....	35
4.3.2.2.Utilisations.....	36
4.3.3. <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.....	36
4.3.3.1.Taxonomie,description et écologie..	36
4.3.3.2.Utilisations.....	37
4.3.4 <i>Aruchis hypogea</i>	38
4.3.4.1.Taxonomie, description et écologie (cf 1.2.1)	38
4.3.4.2.Utilisations.....	38

CONCLUSION

PARTIE EXPERIMENTALE

1 - MATERIEL ET METHODES..	40
1.1. Matériels	40
1.1.1. Matériel végétal	40
1.1.2. Matériel biologique	41
1.1.3. Matériel de laboratoire	41
1.2. Méthodes	42
1.2.1. Test de l'effet insecticide de contact des poudres et huiles végétales.....	43
1.2.2. Evaluation de l'effet fumigant	43
2 - RESULTATS ET DISCUSSIONS...	45
2.1. Activité biologique des poudres et des huiles végétaies ..	45
2.1.1 <i>Pachyrhizus erosus</i>	45
2.1.2.Huiles végétales	58
2.2. Discussions.....	65
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	70
◇ Références bibliographiques.....	72
◇ Annexes	

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Niébé (*Vigna unguiculata*)
- Figure 2 : Arachide (*Arachis hypogea*)
- Figure 3 : Les différents types de ramification de l'arachide
- Figure 4 : La bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*)
- Figure 5 : Les deux types de *C. maculatus* : forme non voilière et forme voilière
- Figure 6 : Cycle biologique de *C. maculatus*
- Figure 7^a : La bruche de l'arachide (*Caryedon serratus*)
- Figure 7^b : Gousse d'arachide attaquée par *C. serratus*
- Figure 8 : Cycle biologique de *C. serratus*
- Figure 9 : Evolution de la toxicité des poudres de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. maculatus*
- Figure 10 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur la population de la descendance F₁ de *C. maculatus*
- Figure 11 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur le rythme des émergences (F₁) de *C. maculatus*
- Figure 12 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur la population de la descendance F₁ de *C. maculatus*
- Figure 13 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur le rythme des émergences (F₁) de *C. maculatus*
- Figure 14 : Effets comparés des variétés de *P. erosus* EC 503 et EC 2 19 sur le rythme des émergences (F₁) de *C. maculatus*
- Figure 15 : Effets comparés des variétés de *P. erosus* EC 503 et EC 219 sur la population de la descendance F₁ de *C. maculatus*
- Figure 16 : Evolution de la toxicité des poudres de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus*
- Figure 17 : Evolution de la toxicité de 4 huiles végétales sur les adultes de *C. maculatus*
- Figure 18 : Effet de 4 huiles végétales sur la population de la descendance F₁ de *C. maculatus*
- Figure 19 : Effet de 4 huiles végétales sur le rythme des émergences (F₁) de *C. maculatus*
- Figure 20 : Evolution de la toxicité de 4 huiles végétales sur les adultes de *C. serratus*
- Figure 21 : Effets fumigants comparés de *Boscia senegalensis* sur les adultes de *C. maculatus* et *C. serratus*

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Composition comparée du niébé et du riz en éléments nutritifs essentiels
- Tableau 2 : Teneur en acides gras de l'arachide et les recommandations de la FAO
- Tableau 3 : Prix moyen comparatif des principales huiles (dollar US/T)
- Tableau 4 : Production nationale des deux principales cultures industrielles du Sénégal (1992-1995)
- Tableau 5 : Synonymie d'après Decelle (1966)
- Tableau 6 : Les principales plantes utilisées contre les bruches en Afrique sub-saharienne
- Tableau 7 : *Synonymes et noms vernaculaires*
- Tableau 8 : Les principales substances insecticides isolées des graines de *Pachyrhizus sp*
- Tableau 9 : Les différents synonymes et noms vernaculaires de *Balanites aegyptiaca*
- Tableau 10 : Noms vernaculaires de *Parinari macrophylla* Sabine
- Tableau 11 : Synonymes et noms vernaculaires de *Azadirachta indica*
- Tableau 12 : Toxicité de la poudre des graines de 2 variétés de *Pachyrhizus erosus* sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*
- Tableau 13 : Toxicité de la poudre des graines de 2 variétés de *Pachyrhizus erosus* sur les adultes de *Caryedon serratus*
- Tableau 14 : Toxicité de 4 huiles végétales sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*
- Tableau 15 : Toxicité de 4 huiles végétales sur les adultes de *Caryedon serratus*
- Tableau 16 : Effet fumigant de *Boscia senegalensis* sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*
- Tableau 17 : Effet de *Pachyrhizus erosus* sur les variables étudiées
- Tableau 18 : Effets des huiles de *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Arachis hypogaea* et *Parinari macrophylla* sur les variables étudiées

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

Aujourd'hui, près de 800 millions de personnes souffrent de malnutrition chronique à travers le monde ; en 2010, 730 millions d'individus pourraient être atteints de sous-alimentation chronique (FAO, 1996).

Dans certaines régions, l'écart se creuse entre la production agricole et les besoins alimentaires. En Afrique subsaharienne, la croissance démographique dépasse 3 %, alors que celle de la production alimentaire plafonne à 2 % par an (FAO, 1995) en raison essentiellement des dégradations édapho-climatiques, des contraintes techniques et de conditions socio-économiques défavorables.

Cette situation de déficit alimentaire est exacerbée par les attaques des ravageurs des denrées stockées qui restreignent les faibles ressources. Selon le CTLSS, les pertes causées par les prédateurs sont de 20 à 30 % soit 1,3 à 1,9 millions de tonnes en 1991. Kumar (1991) rapporte que 25 à 40 % de la totalité des récoltes de cultures vivrières à grains sont perdues pendant le stockage. Il est regrettable que de telles pertes soient subies dans les pays en voie de développement où la croissance démographique galopante et les besoins en nourriture qu'elle entraîne sont les plus élevés.

La satisfaction des besoins alimentaires sans cesse croissants pousse souvent à vouloir intensifier la production agricole, ce qui fait peser des contraintes de plus en plus lourdes sur les ressources naturelles avec la disparition progressive de la jachère et l'utilisation massive de produits chimiques de synthèse.

Cette problématique interpelle les chercheurs qui doivent trouver des solutions durables pour une bonne gestion des ressources naturelles. Il s'agit de mettre au point des techniques de production et des méthodes de contrôle des ravageurs respectueuses de l'environnement.

L'utilisation des produits agropharmaceutiques a montré son efficacité dans les pays développés. En Afrique par contre, elle a montré ses limites liées à un contexte agronomique et socio-économique défavorable. S'ils ne sont pas inaccessibles, les produits phytopharmaceutiques généralement mal utilisés par les agriculteurs sont responsables de l'intoxication des populations, de pollutions et de gaspillage de moyens. Tous les ans, un million de personnes sont victimes d'empoisonnement par les produits chimiques de synthèse avec plus de 20.000 décès dont la grande majorité se trouve dans les pays en voie de développement (FAO, 1990).

Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte, en particulier l'utilisation de plantes traditionnellement connues pour leurs propriétés insecticides.

Ces plantes abondantes dans la flore de ces pays sont facilement accessibles. Leur utilisation pose moins de problèmes environnementaux et sanitaires du fait de la nature de leurs substances actives biodégradables et de la bonne expérience qu'en ont les populations rurales

C'est sous ce rapport qu'il faut trouver la justification des travaux menés dans le cadre de ce mémoire de fin d'études qui a pour thème "Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales pour le contrôle de la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*) et celle de l'arachide (*Caryedon serratus*)". Ces deux bruches respectivement inféodées au niébé et à l'arachide peuvent détruire plus de 80% des stocks au bout de 4 à 6 mois de stockage. Or, de par leur richesse en protéines, (20 à 25 %) (Alzouma, 1994), ces deux légumineuses contribuent à l'équilibre protéique des rations essentiellement à base de céréales et donc à la lutte contre la malnutrition qui sévit dans les pays en voie de développement. En outre, l'arachide joue un rôle économique important pour certains pays, notamment le Sénégal où elle constitue encore la première culture d'exportation.

Notre étude vise comme objectifs l'évaluation de l'activité biologique de sept espèces de plantes en vue d'en identifier les plus prometteuses et la détermination des doses optimales d'utilisation. Il s'agit de : *Pachyrhizus erosus*, *Boscia senegalensis*, *Boscia angustifolia*, *Parinari macrophylla*, *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica* et *Arachis hypogea*. Pour une plus grande efficacité; cette approche qui s'inscrit dans un cadre global de lutte intégrée doit être basée sur une bonne connaissance de la biologie des insectes en cause.

La première partie de cette étude est essentiellement bibliographique. Elle porte sur la taxonomie, la morphologie, la biologie des plantes hôtes et des ravageurs. Elle traite également de la valeur alimentaires de ces plantes ainsi que de l'importance économique des dégâts perpétrés par les bruches. Après avoir passé en revue les principales méthodes de lutte, elle fait la présentation des plantes et extraits végétaux testés ainsi que leurs utilisations

La deuxième partie fait le point des expérimentations et se termine par une conclusion générale et les perspectives.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. LES FABACEAE

Cette famille regroupe des légumineuses herbacées, ligneuses et lianeuses. Elle est composée de plusieurs genres dont *Vigna* et *Arachis*.

1.1 - Le niébé (*Vigna unguiculata* L. (Walp))

1.1.1 - Taxonomie, description et écologie

Vigna unguiculata appartient à la super-famille des légumineuses, famille des *Fabaceae*, tribu de *Phaseoleae*. Le genre *Vigna* comprend 160 espèces dont six (6) seulement sont cultivées parmi lesquelles le niébé (*Vigna unguiculata*).

Les principales variétés de niébé cultivées au Sénégal sont : Mougne, Mélakh, Baay Ngagne, Ndiambour, Bambey 21, Mouride, Ndout. 58-57, 89-504, Diongoma. Elles sont toutes sensibles aux bruches.

Le niébé est une plante annuelle, herbacée et autogame. Elle est très répandue dans les régions chaudes, surtout en Afrique et Asie.

Le port peut être rampant, érigé ou volubile, La tige qui est toujours glabre a une section circulaire. Les feuilles trifoliées ont une pilosité faible ou nulle avec des pédoncules pouvant atteindre 15 cm de longueur. En dehors des deux (2) premières feuilles qui sont simples et opposées, les feuilles sont alternes. Les inflorescences en grappe sont axillaires et portent deux à quatre fleurs de couleur blanche, bleu-pâle, rose, jaunâtre ou violet. La fécondation croisée existe quoique faible (0,2 à 2 %). Elle intervient dans les 24 heures qui suivent l'épanouissement de la fleur. Les gousses indéhiscentes contiennent 8 à 20 graines ovoïdes, réniformes, lisses ou ridées (**figure 1 en annexe**).

Le système racinaire est composé d'une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités fixatrices d'azote.

Le cycle varie de 65-70 jours (pour les plus précoces) à 140-150 jours pour les variétés de courte-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.

Les synonymes de *V. unguiculata* sont *dolichos sinensis* L., *Dolichos biflorus* L., *Vigna sinensis* L., *Sarra ex Hank*, *V. Baoulensis* A. chev. En français on l'appelle Dolique ou haricot indigène, en anglais cowpea, cowderpea, southernpea, black-eyed pea. Au Sénégal, ses noms vernaculaires sont : niébé en wolof, bosso en bambara, niaw en sérère.

Le niébé est une plante adaptée aux zones de faible pluviométrie. Il pousse bien dans les zones tropicales sèches (pluviométrie de 300 à 600 mm). Ses besoins en eau sont de l'ordre de 200 mm/tonne de matière sèche/ha. Du point de vue édaphique, le niébé n'est pas très exigeant quand bien même il croît préférentiellement sur les sols sablo-limoneux bien drainés.

Les principaux pays producteurs sont le Nigéria (plus grand producteur avec 900.000 T par an), Niger, Sénégal, Ouganda et le Burkina Faso. Plus de 75% de la production mondiale se trouvent en Afrique occidentale.

Le manque de statistique sur la production mondiale a poussé la F.A.O. à formuler des recommandations à cet égard (Singh et *al.*, 1997).

1.1.2 - Valeur alimentaire et importance économique

Le niébé communément appelé "viande pour pauvre" ou "viande verte" est un aliment riche en protéines : 20 à 25 % du poids sec (Alzouma, 1995). Il est 2 à 3 fois plus riche que la plupart des céréales (**tableau 1**). A l'exception des acides aminés soufrés qui sont peu abondants (méthionine et cystéine), on rencontre dans les graines les principaux acides aminés essentiels nécessaires à l'homme. Ainsi, il constitue un excellent complément des céréales pour un bon équilibre nutritionnel dans les pays en voie de développement.

Tableau 1 - Composition comparée du niébé et du riz en éléments nutritifs essentiels

	Riz Siam non blanchi	Niébé (<i>V. unguiculata</i>)	
		Graine	Feuille
Eau (en %)	13	9	83
Protides	7	23	4,8
Li:pides	2	1	0,4
Glucides	64	61	s
Cellulose	8,8	3	2
Matière minérale	5,2	3	1.8
Calcium (en mg/100g)	6	91	295
Phosphore	220	370	58
Fer	2,4	9	6
Acide ascorbique (Vit C)	0	2	60
Thiamine (Vit B 1)	0,17	1,02	0,2
Riboflavine (Vit B2)	0,03	0,17	0,38
Niacine (Vit PP)	5,4	2.7	2,12
Equivalents carotène (en µg/100g)	0	35	3770

Source : COULIBALY (1993), d'après VIAUD (1993)

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).

En 1993-1994, avec une superficie emblavée de 118.000 ha, la production nationale était de 58.000 T. Pour cette année (1997), l'objectif de production est fixé à 45.000 T pour une emblavure de 90.000 ha. Initialement considéré comme une culture d'autoconsommation, le niébé devient de plus en plus une culture spéculative. En février 1995, 8 10 T de niébé étaient exportées vers la côte d'Ivoire (Faye, 1996).

Les attaques de *C. maculatus* constituent un handicap majeur pour la conservation des semences et l'étalement de la commercialisation.

1.2 - L'arachide (*Arachis hypogea* L.)

1.2.1 - Taxonomie, description et écologie

L'arachide a été introduite en Afrique vers le 16^{ème} siècle en provenance de l'Amérique du Sud, son lieu d'origine.

A. hypogea appartient à la famille des *Fabaceae*. Cette espèce, la seule connue et cultivée du genre, est une plante annuelle que l'on rencontre dans toute la zone intertropicale. Elle a été décrite en 1753 par Linne. Les feuilles de la plante sont généralement pennées avec deux paires de folioles subsessiles, opposées, de forme elliptique, de couleur verte plus ou moins foncée ou plus ou moins jaune selon les variétés. Les pétioles sont enserrées à leur base par deux stipules larges, longs et lancéolés (**figure 2 en annexe**).

Le port de l'arachide peut être érigé, semi-érigé ou rampant.

Il existe de nombreux types d'arachide que l'on peut classer en 2 groupes : "*Valencia* et *Spanish*" (Asie) et *Virginia* (Afrique de l'ouest). Cette classification est basée d'une part sur la variabilité des fréquences de ramification d'ordre élevé ($n+2, n+3, \dots$), puis sur les dispositions relatives des rameaux végétatifs et des rameaux reproducteurs selon les types variétaux.

Le premier groupe est caractérisé par une ramification séquentielle, un cycle précoce, un port toujours érigé et généralement peu ramifié. Les arachides sont non dormantes et les ramifications sont souvent d'ordre $n+1$. Les rameaux ne se forment plus lorsqu'apparaissent les

rameaux reproducteurs. On rencontre dans ce groupe les types *Valencia* et *Spanish* de Gregory.

Dans le second groupe, les arachides peuvent être rampantes ou érigées avec une ramification de type alterné. Le port érigé présente une ramification plus abondante qui leur confère une allure buissonnante à la différence du type séquentiel. Il y a 4 à 6 ramifications d'ordre $n+1$, quelques fois plus ; une présence successive de 2 rameaux végétatifs et de 2 rameaux reproducteurs. C'est dans ce groupe que l'on rencontre le type *Virginia* de Grégory.

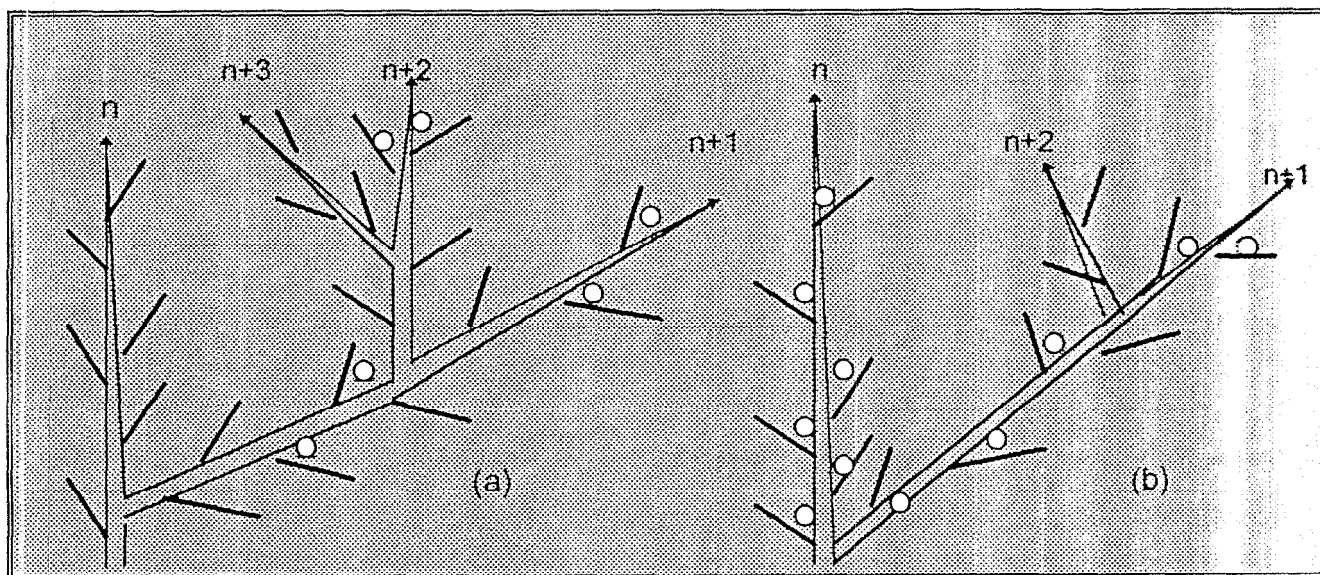


Figure 3 : les différents types de ramifications de l'arachide : ramifications alternées (a) ; ramifications séquentielles (b).

La tige mesurant 0,20 à 0,70 m peut comporter plusieurs ramifications de sections anguleuses dans le jeune âge, puis cylindrique en vieillissant. Les tiges âgées deviennent creuses avec la disparition de la moelle centrale.

L'inflorescence est un épi de 3 à 5 fleurs jaunes orangées, papilionacées et sessiles. Les fleurs présentent une calice composée de 5 sépales soudés à leur base en un tube calicinal (hypanthium) pubescent.

La plante est strictement autogame par cleistogamie. Toutefois le taux d'allogamie qui reste faible n'est pas nul (0,2 à 6,5 %). Ce taux est encore moins élevé chez le groupe *Virginia* (Schilling, 1996).

Après fécondation, la base de l'ovaire s'allonge en un gynophore à l'extrémité duquel se forme la gousse après pénétration dans le sol. Le gynophore se développe verticalement sous l'effet d'un géotropisme positif et sa longueur ne dépasse généralement pas 15 cm.

Le système racinaire pivotant mesure environ 1 SO cm et porte des nodosités fixatrices d'azote qui apparaissent une quinzaine de jours après semis et ne sont fonctionnelles qu'après 3 semaines. Les nodosités sont essentiellement rencontrées dans les 15 premiers centimètres du sol.

La gousse de couleur jaune paille contient 1 à 4 graines et a une coque indéhiscence. Son bec et ses constrictions constituent des paramètres de classification. Les gousses à la récolte contiennent 35% à 40% d'eau, un séchage naturel ou artificiel permet de ramener cette teneur à 8%, seuil adéquat pour le stockage à température ambiante et pour une bonne conservation de la faculté germinative.

La germination a lieu entre 24 et 48 heures lorsque le taux d'imbibition du sol atteint 35 à 43 %. La durée levée-floraison est une caractéristique variétale dans une situation agro-écologique donnée. (Gillier et *al.* 1969).

Dans les conditions optimales de culture pluviale, le cycle dure 85 à 90 jours pour les variétés hâtives, 110 à 120 jours pour les variétés semi-tardives et 140 jours pour les variétés tardives.

L'arachide affectionne les sols aérés et bien drainés, surtout les sols à texture fine. meubles et perméables. Elle préfère les sols à pH voisins de la neutralité. La température optimale pour un bon développement des plants est comprise entre 25°C et 35°C. Les températures de 15°C et 45°C représentent des extrêmes en-deçà et au-delà desquelles la germination est inhibée et la croissance, ralentie. Le développement des gousses est meilleur si la température du sol (dans les 5 premiers centimètres) reste inférieure à 30°C.

1.2.2 - Valeur alimentaire et importance économique

En plus de sa valeur énergétique appréciable, l'arachide a une valeur nutritionnelle élevée en raison de sa teneur en protéines (25 %) et en acides gras essentiels que l'organisme humain ne peut pas synthétiser (Guèye, 1994). La teneur de son huile en acides gras essentiels est très proche des recommandations actuelles (**tableau 2**).

Tableau 2 : Teneur en acides gras de l'arachide et recommandation de la FAO

Acides gras	Recommandations	Huile d'arachide du Sénégal
Acides gras saturés	25 %	21 % (palmitique)
Acides gras mono-insaturés	50 %	58 % (oléique)
Acide gras poly-insaturés	25 %	21 % (linoléique)

Source:FAO/ Oil World (1996)

Du fait de sa stabilité et de sa forte résistance à la chaleur, l'huile d'arachide a une bonne aptitude à la friture, à l'assaisonnement, à la fabrication de certains produits alimentaires. Cette large gamme d'utilisation lui assure un sur-prix de 30 à 40 % par rapport aux autres types d'huiles (**tableau 3**).

Tableau 3 : Prix moyens comparatifs des principales huiles alimentaires (dollars US/Tonne)

	Années	Huile	Tourteaux
Soja	1991/95	527	202
	1984/95	505	214
Tournesol	1991/95	561	134
	1984/95	536	125
Colza	1991/95	507	148
	1984/95	475	137
Palme	1991/95	439	-
	1984/95	427	-
Arachide	1991/95	803	165
	1984 /95	796	174

Source: Marchés Tropicaux (1996)

De 1980 à 1994 la production mondiale d'arachide est passée de 19 MT à 28.5 MT base coque, soit 20 MT en graines décortiquées. Cet accroissement est lié en grande partie à une amélioration de la productivité. Plus de 70 % de cette production est obtenue en Asie, Inde et Chine.

La production de l'Afrique représente 19% de la production mondiale, elle a connu une hausse de 36 % entre 1980 et 1994 ; plus de la moitié est produite en Afrique de l'Ouest notamment au Sénégal et au Nigeria.

Les transactions internationales en graines portent essentiellement sur l'arachide de bouche. L'arachide d'huilerie est généralement triturée sur place dans les pays producteurs. Les fanes d'arachide ont une bonne valeur fourragère.

Parmi les cultures industrielles du Sénégal, l'arachide occupe la première place (tableau 4). Pour la campagne 1997/1998, les objectifs de production sont fixés à 900.000 T pour l'arachide d'huilerie et 66.000 T pour l'arachide de bouche. Les produits arachidiens représentent environ 12% du produit national brut (PNB) et 30 % des recettes d-exploitation du pays.

Tableau 4 : Productions nationales des deux principales cultures industrielles du Sénégal (1992-1996)

Années	Arachide d'huilerie			Arachide de bouche			Coton		
	Sup.(ha)	Rdt.kg /ha	Production en T.	Sup.(ha)	Rdt. kg/ha	Production en T.	Sup.(ha)	Rdt.kg/ha	Product en T.
1996-97	856114	687	588181	63701	914	58213	50308	915	46055
1995-96	841384	940	790617	39985	913	36518	35015	825	28881
1994-95	892031	760	678040	35984	1114	40085	33946	1097	37240
1993-94	739031	820	605766	25255	1011	25533	46155	1052	48532
1992-93	925966	596	551690	30814	870	26800	46155	1062	47763

Source: Direction de l'agriculture

2.- LES COLEOPTERES BRUCHIDAE

Les coléoptères constituent le plus grand groupe dans le règne animal. Avec plus de 350.000 espèces (plus de 40 % des espèces connues), ce sont des insectes ubiquistes (milieu, terrestre, souterrain). Leur taille varie de 0,25 à 10 cm, 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. Le régime alimentaire est variable: hytophage, xylophage, nécrophage, coprophage, saprophage, omnivore.

Au cours de leur développement, les coléoptères subissent une métamorphose complète (holométabolie). La vie larvaire se déroule essentiellement dans les graines et les larves sont généralement cléthrophages.

L'ordre des coléoptères compte environ 200 familles réparties en 3 sous-ordres : les achrostomates, les adepages et les polyphages.

C'est dans le sous-ordre des polyphages (Polyphaga) que l'on rencontre les bruchidae ravageurs des graines de légumineuses. C'est dans ce groupe que l'on rencontre également certains ravageurs parmi les plus nuisibles à l'échelle mondiale (Delobel, 1993).

Les *Bruchidae* sont uniquement inféodées aux légumineuses qu'elles contaminent généralement en plein champ, Cette famille compte environ 1300 espèces dont *Callosobruchus maculatus* et *Caryedon serratus*, ravageurs respectifs du niébé et de l'arachide. Après la préinfestation au champ, les larves pénètrent dans les graines et sont transportées avec les récoltes dans les entrepôts. Durant le stockage, elles trouvent les conditions idéales pour compléter leur cycle et proliférer dans les stocks ou se disséminer dans la nature. A cette préinfestation s'ajoute une infestation "in situ" due aux populations résiduelles des locaux et des sacs. Lorsque les conditions sont hostiles, elles peuvent entrer en quiescence

La larve néonate et la larve L₄ (dernier stade) sont mobiles tandis que les larves L₂ et L₃ sont généralement apodes. Avant d'entrer en nymphose dans la graine, la L₄ prépare un trou de sortie pour l'adulte. Ce trou est couvert d'une fine pellicule (opercule). La nymphose peut également se dérouler hors de la graine et parfois dans le sol.

Selon Delobel (1993), on distingue 3 groupes suivant l'écologie du développement :

- 0 les espèces qui pondent sur les fruits encore verts au champ. Le cycle de développement se déroule dans les graines en cours de formation avec une teneur en eau élevée ;
- 0 les espèces dont la femelle pond dans les mêmes conditions que précédemment, mais le développement se poursuit et s'achève dans la graine sèche, éventuellement dans les stocks ;
- 0 les espèces dont l'ensemble du développement se déroule sur les graines sèches, le développement larvaire se déroulant entièrement à l'intérieur de la graine. Les espèces les plus nuisibles s'inscrivent à ce groupe.

Cette présente étude s'intéresse particulièrement aux espèces qui causent le plus de dégâts aux stocks de niébé et d'arachide, notamment *Callosobruchus maculatus* F. et *Caryedon serratus* OL. respectivement.

2.1 - La Bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*)

Le genre *Callosobruchus* est constitué d'un grand nombre d'espèces parmi lesquelles apparaissent des formes polyvoltines. Ces espèces se multiplient dans les graines sèches et causent beaucoup de dommages aux stocks. *C. maculatus* est un ravageur redoutable du niébé en Afrique tropicale où les pertes peuvent atteindre 100 % au bout de 5 à 6 mois de stockage

L'infestation, commence **au** champ, (Prevelt, 1961; Huignard, 1985, cités par Seck, 1992) et s'intensifie durant le stockage avec une multiplication qui devient plus rapide.

La lutte contre *C. maculatus* en vue d'une bonne protection des stocks passe nécessairement par une parfaite identification du ravageur et une bonne connaissance de sa biologie et de son écologie.

2.1.1 - Systématique et synonymie

C. maculatus appartient à la famille des Bruchidae, sous famille des *Bruchinae*, genre *Callosobruchus*. Après sa première description en 1775 par Fabricius, Bridiwell (1929) puis Southgate (1979) précisèrent sa taxonomie qui est aujourd'hui en vigueur.

L'origine de *C. maculatus* est encore non expliquée quoique Decelle pense qu'elle serait probablement africaine.

Cette bruche communément appelée bruche maculée ou bruche à 4 tâches est également appelée *Bruchidius maculatus*, *B. quadri maculatus*, *B. ornatus*, *B. ambiguus*, *B. sinuatus*. Les anglais l'appellent Cowpea Weevil.

2.1.2. - Morphologie

Au stade imaginal, l'adulte de *C. maculatus* mesure 2,5 à 3,5 mm (figure 4 en annexe) . *C. maculatus* se distingue de la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis*) par ses élytres plus longs que larges et son allure plus allongée. Les antennes sont crénelées à partir du 5^{ème} article et les derniers articles sont parfois assombrés (Delobel, 1993). Les antennes en dent de scie pour les deux sexes sont serrées et non pectinées (Coulibaly, 1993).

Il existe deux formes de *C. maculatus* que l'on distingue par la coloration des élytres. l'aptitude au vol et la fécondité. La forme "active" ou forme "voilière" est généralement de plus grande taille et la coloration rousse souvent absente (figure 5 en annexe II). La forme "normale" ou "non voilière" vit dans les stocks de graines et se multiplie très vite. Cette forme ne vole presque pas bien qu'elle soit pourvue d'ailes. La forme "active" ou "voilière" vit dans les stocks fortement infestés. Cette forme photophile est peu féconde, sa multiplication est faible. Elle constitue cependant la forme de dissémination la plus courante de l'infestation du niébé dans les champs. Son apparition au cours du développement post-embryonnaire dépend surtout des facteurs abiotiques tels que la teneur en eau de la graine et la température (Ouedraogo et *al.*, 1991). Selon Delobel (1993), le 4^{ème} stade larvaire porte des pattes

vestigiales et ne possède qu'un seul ocelle de chaque côté de la tête. Son corps est en arc de cercle avec une taille pouvant atteindre 4 mm.

2.1.3 - Biologie et écologie

En plus du niébé, les autres plantes hôtes de *C. maculatus* sont : *Vigna* (*Voandzeia subterranea*, *Vigna angularis*, *V. aconitifolio*, *V. mungo*, *V. radiata*, *V. umbellata*, *Glycin max*, *Cajanus cajan*, *Lablab purpurens*, *Pisum sativa*, *Lens esculenta*, *Macrostyloma geocarpum*, *Cicer arietinum*, (Delobel, 1993).

Le cycle de développement de *C. maculatus* est fonction de la température et de l'humidité relative du milieu. Les femelles sont réceptives dès l'émergence. La moyenne des pontes varie entre 75 et 100 oeufs par femelle (Larson, 1924). Elle est de 10 à 15 chez la forme voilière qui a une longévité plus importante (environ 1 mois) alors que celle de la forme normale dure 6 à 8 jours.

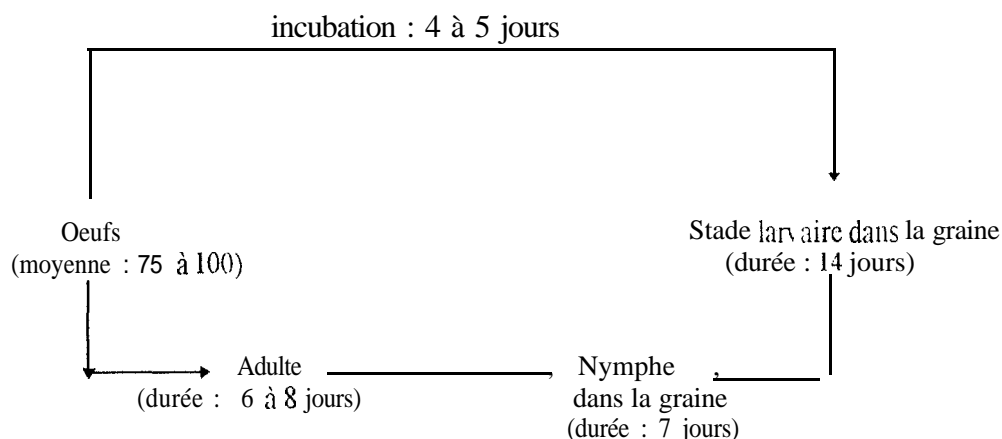


Figure 6 Biologique de *Callosobruchus maculatus* en conditions optimales

Les oeufs sont déposés de préférence sur une surface lisse avec une substance protectrice qui les fixe sur le substrat. (Southgate, 1979). La ponte est déclenchée chez la femelle g-avide par un stimulus de nature chimique présent dans les téguments de la graine. Après éclosion, la larve néonate pénètre invariablement au point d'adhérence de l'oeuf en s'arc-boutant dans la partie convexe. Les oeufs mal placés avortent.

C. maculatus est cosmopolite. On le rencontre en Afrique, au Moyen Orient, aux WS.4 et au Japon (Coulibaly, 1993)

2.1.4 - Dégâts et importance économique

L'ampleur des dégâts varie selon le niveau de l'infestation initial, la durée et les techniques de stockage. La destruction de 50% des graines de niébé au Brésil entraîne une perte de 50% de

la valeur marchande (Bastos, 1977 ; cité par Alzouma, 1991). Au Nigeria, les pertes avoisinent 2900 T/an (Caswell, 1973). Dans ce même pays qui est le plus grand producteur mondial (900.000 T/an), Singh et *al.* (1983) évaluent les pertes à plus de 30 millions de dollars. Au Niger, *C. maculatus* entraîne la perte de 30% de la production nationale (Alzouma, 1995). 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.

En raison du rôle que joue le niébé dans l'alimentation et des revenus que génère sa vente, les paysans font généralement une conservation de longue durée favorisant de fait une importante pullulation de *C. maculatus*. Il en résulte des pertes pondérales et une diminution importante de la faculté germinative des semences.

Les trous occasionnés par la bruche favorisent le 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% et les graines deviennent impropres à la consommation (Ndiaye, 199 1).

2.2. - *Caryedon serratus* (Ol.)

C. serratus, originaire de l'Asie où il est inféodé au tamarinier, s'est dispersé à travers le monde, dans les zones tropicales et subtropicales. Cette bruche qui vit des gousses de diverses légumineuses sauvages est signalée sur l'arachide peu avant la première guerre mondiale, à Java et au Sénégal (Davey, 1958). Ainsi elle se développe sur plusieurs *Caesalpinaceae* et ce n'est que récemment que la bruche a été signalée sur une fabaceae (*hachis hypogea*). On la rencontre au Sud de l'Asie, en Océanie, en Afrique Tropicale, à Madagascar et dans une partie des régions néotropicales (Colombie, Jamaïque et Mexique) (Delabel, 1989).

Les principales plantes hôtes de *C. serratus* sont *Bauhinia rufescens*, *Cassia arareh*, *C. sieberiana*, *Piliostigma reticulatum*, *P. thoningii* et *Tamarindus indica*. Ces arbres appartiennent tous à la famille des *Caesalpinaceae* d'origine africaine. L'insecte pourrait bien s'adapter à d'autres types d'hôtes et étendre son expansion notamment vers l'Amérique.

Le commerce de l'arachide et de certaines gousses de plantes sauvages, surtout *Tamarindus indica* serait la cause de sa dispersion. Il est récemment apparu au Congo sur arachide après une importation de semence d'origine Ouest Africaine (Robert, 1995). Le passage des hôtes sauvages à l'arachide, hôte introduit d'Amérique centrale au 16^{ème} siècle, ne se produit que dans un environnement particulier (Delobel, 1993).

C. serratus cause des dégâts importants surtout en milieu paysan.

2.2.1 - Systematique et Synonymie

C. serratus a été décrit pour la première fois en 1790 par Olivier à partir des récoltes faites par Geoffroy de Villeneuve au Sénégal (Robert, **1995**).

Le genre *Caryedon* a été créé en 1823 par Schonherr pour y placer *serratus* OL., 1790. Le taxon restera ensuite inutilisé jusqu'à la révision des *Bruchidae* palmicoles par Bridwel pour que se justifie enfin sa validité (Decelle, 1966).

CI: *serratus* appartient à la sous-famille des *Pachymerinae*.

Dans la taxonomie de cette espèce, plusieurs confusions furent constatées. C'est ainsi que sur une vingtaine de noms latins utilisés, seule une onzaine sont synonymes (**tableau 5**)

Tableau 5 : Synonymie d'après Decelle (1966)

<i>Caryedon serratus</i>	(OLIVIER, 1790)
<i>Bruchus serratus</i>	(OLIVIER, 1790)
<i>Caryoborus serratus</i>	(OLI[VIER, 1790)
<i>Bruchus gonagra</i>	(FABRICIUS, 1798)
<i>Caryoborus gonagra</i>	(FABRICIUS, 1798)
<i>Pachymerus gonager</i>	(FABRICTUS, 1798)
<i>Caryedon gonagra</i>	(FABRICIUS, 1798)
<i>Caryoborus fuscus</i>	(FABRICIUS, 1798)
<i>Pachymerus fuscus</i>	(BEDEL, 1924)
<i>Caryedon fuscus</i>	(BEDEL, 1924)
<i>Pachymerus sicutensis</i>	(PIC, 1924)

2.2.2 - Morphologie

L'adulte mesure environ 6 à 8 mm de long. Il est de couleur brune, mouchetée de noir : sur la pubescence, la cuticule est de couleur marron plus ou moins densément marquée de noir certains spécimens sont entièrement noirs (Delobel et Tran, 1993).

La tête est petite et les yeux volumineux. Les élytres marqués de brun découvrent l'extrémité de l'abdomen. Les fémurs postérieurs sont fortement dilatés avec le bord intérieur en dent de scie, Les tibias sont recourbés en arc de cercle (**figure 7a en annexe**). La larve dodue et arquée est de couleur blanche avec une tête marron.

2.2.3 - Biologie et Ecologie

Laecouplement qui survient généralement 24 à 48 heures après émergence entraîne une maturation rapide des ovocytes (Ndiaye, 198 1). Les femelles émettent une phéromone sexuelle qui attire les mâles qui s'accouplent en début de nuit.

Les premières pontes interviennent le jour suivant (Robert, 1984 ; Ndiaye, 198 1). A l'aide d'un ovipositeur rétractile, la femelle choisit le substrat et l'endroit (crevasses et dépressions) où seront déposés les oeufs dont le nombre varie en fonction de la température et de l'humidité relative.

Selon Delobel (1993), la situation alimentaire de la femelle influe de façon nette sur la longévité et la fécondité. Dans les conditions d'élevage de 30°C et 70% HR, la femelle nourrie de pollen, pond en moyenne 650 oeufs avec une longévité de 90 jours. Dans les mêmes conditions mais sans nourriture, elle pond 140 oeufs et vit 15 jours seulement.

D'après Ndiaye (1981), cette moyenne est de 70 oeufs avec une durée environ de 7 à 14 jours pour l'oviposition (Appert, 1957, Balachowsky, 1962). L'oeuf est ovulaire, blanc translucide et mesure environ 1 mm de long (Ndiaye, 198 1).

L'alimentation imaginale accroît donc considérablement la fécondité et la longévité. L'adulte se nourrit de pollen et probablement de mieiiia (Deiobei, 1993). L'imago ne se nourrit pas et ne provoque pas de dégâts dans les stocks. Dans les conditions optimales de développement (27-33°C et 70-90% HR) l'incubation dure environ une semaine. La larve éclôt au bout du 8^{ème} jour et pénètre à l'intérieur de la graine en perforant la paroi de la coque, soit au point d'insertion de l'oeuf ou un peu plus loin. Elle s'enfonce dans la graine en s'entourant de déjections blanches. Il y a 4 stades larvaires : les 3 premiers stades se déroulent dans la graine ; le dernier stade L4 peut sortir. La larve mesure 6 mm environ et elle est de couleur blanc-jaunâtre virant au rose avant la nymphose. Le développement larvaire dure environ 1 mois. Au terme de son développement larvaire, la larve qui a presque dévoré la totalité de la graine se rapproche de la surface externe pour découper un trou à contours réguliers de diamètre 3mm (**figure 7b en annexe III**). La nymphose peut avoir lieu au niveau de cet orifice ou à l'extérieur entre des gousses accolées. La nymphose dure en moyenne 28'jours. Toutefois cette durée est variable et

dépend des conditions du milieu. Il peut y avoir une quiescence nymphale quand les conditions sont défavorables. La durée de vie imaginale est d'environ 8 à 15 jours. Cependant, les femelles, privées de mâles, vivent beaucoup plus longtemps jusqu'à 54 jours (Ndiaye, 1981). Une génération dure en moyenne 1,5 à 2 mois (Robert, 1984 (**figure 8**)). Selon Dafonseca (1964), cette durée est de 6 semaines à 30-32°C et 70% HR.

Les émergences sont caractérisées par un sexe-ratio largement dominé par les femelles (Diallo, 1988).

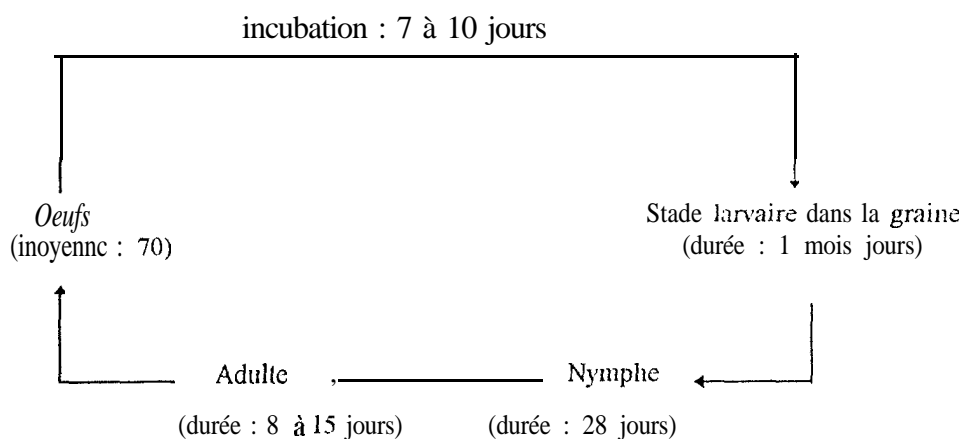


Figure 8 : Cycle biologique de *Caryedon serratus*

Les températures deviennent létales à plus ou moins brèves échéances au dessus de 40°C. Cancela Da Fonseca (1964) rapporte que la durée de vie de l'adulte est de 3 à 4 jours à 45°C et 70% HR, 4 à 5 jours à 40°C et 70% HR, mais elle peut se prolonger jusqu'à 9-10 jours à 10°C et 90% HR.

C. serratus est un insecte polyvoltin, les générations se succèdent tant que les conditions sont favorables. C'est un excellent voilier.

En l'absence d'arachide, la bruche vit au dépend de ses hôtes sauvages par relais d'infestation. L'insecte est photophobe et s'active pendant la nuit ou dans l'obscurité (Diallo, 1988).

2.2.4 . Dégâts et importance économique

Les dégâts de *C. serratus* deviennent très sérieux à partir de la 2^{ème} génération. A la 3^{ème} génération, les pertes deviennent catastrophiques et les générations se succèdent à intervalles de 2 à 3 mois.

Les pertes dans les matières sèches sont variables. Au Congo, Matokot et *al.*, (1987) évaluent les pertes entre 9 et 63% suivant les greniers, au bout de 10 mois. Elles atteignent 10% en Gambie (Taylor, 1974), 25% en Côte d'Ivoire après 9 mois de stockage (Pollet, 1982). Au Niger les pertes peuvent atteindre 30 à 40% après plusieurs mois de stockage (Alzouma, 1995). Pointel et *al.* (1979) rapportent qu'en l'absence de traitement, les 5 premiers centimètres des seccos sont attaqués à 100% au bout de 5 à 6 mois de stockage.

L'importance économique des dégâts varie suivant la destination de la production. Les attaques ne sont pas tolérées pour l'arachide de bouche ou de confiserie. Elles peuvent entraîner une perte importante de la valeur marchande et une baisse de la faculté germinative des semences. Pour l'arachide d'huilerie, l'infestation entraîne une augmentation de la teneur en acide urique et l'apparition de métabolites secondaires qui déprécient la qualité de l'huile.

Les trous occasionnés par *C. serratus* facilitent l'accès et le développement des populations de *Tribolium*, *Trogoderma*, des champignons toxigènes (*Aspergillus flavus*) et autres microorganismes.

3. REVUE DES METHODES DE LUTTE CONTRE LES BRUCHIDAE

Face à l'ampleur des dégâts causés par les bruches du niébé et de l'arachide, une panoplie de méthodes sont utilisées pour éradiquer le fléau ou maintenir le niveau des attaques à 1 seuil économiquement acceptable.

3.1. Méthodes traditionnelles

Pour assurer les besoins de nutrition et de commercialisation à court, moyen et long termes, les agriculteurs de l'Afrique tropicale ont développé des techniques empiriques pour la conservation des produits récoltés.

3.1.1 . Méthodes préventives

3.1.1.1. Pratiques culturelles

Elles permettent de prévenir l'infestation au champ. C'est ainsi que la rotation des cultures empêche le développement d'un foyer permanent d'inoculum. L'association culturale permet une diversification de l'entomofaune locale et un équilibre de l'écosystème. Le sarclage de la culture ainsi que la récolte et le ramassage précoce des gousses dès leur maturité et un séchage rapide peuvent permettre de réduire l'infestation initiale. Les plantes sauvages identifiées comme hôtes potentiels doivent être systématiquement éliminées des champs, malgré la

réticence des paysans qui acceptent difficilement de couper certaines espèces comme *Tamarindus indica*

3.1.1.2. Conception et hygiène des infrastructures de stockage

L'infestation résiduelle lors du stockage est un phénomène courant. Les pratiques qui consistent à permuter les silos (arachide-mil-niébé) s'avèrent intéressantes. Le stockage se fait souvent dans les greniers en dur ou avec du matériel végétal (greniers en paille, greniers tressés) selon les réalités climatiques (Seck, 1994). Il peut se faire en vrac ou dans des sacs. Le nettoyage des sacs et des locaux permet d'éliminer les insectes des stocks qui se cachent parfois dans les crevasses et les anfractuosités. L'utilisation de sacs de polyéthylène ayant une doublure en coton est souvent recommandée pour empêcher les infestations ultérieures (Caswell, tan huis, 1991, cité par Seck, 1994).

3.1.2. Procédés physiques et mécaniques

3.1.2.1. Température et humidité

Les ravageurs sont sensibles aux températures élevées. L'effet de la chaleur (température > à 35°C) est accentué quand la teneur en eau des graines est inférieure à 10% (Ndiaye, 1991). Le séchage solaire prolongé en couches minces permet de détruire les insectes adultes et les larves (Zehrer, 1984). Au Togo, le séchage rapide des récoltes au feu permet de ralentir le développement des insectes et la prévention contre une nouvelle infestation (Zehrer, 1980).

Au Cameroun, l'Institut de Recherche Agricole a mis au point un séchoir solaire capable d'atteindre en une heure une température de 65°C alors que 57°C suffisent pour tuer tous les adultes de *Callosobruchus maculatus*. Des tribus indiennes du Mexique pratiquent l'insolation des grains pour les préserver des ravageurs pendant plusieurs jours (Kandji, 1996)

3.1.2.2. Utilisation des matières minérales

Le mélange de graines et de substances minérales (cendre, sable, silice. . .) est un procédé qui permet le contrôle des ravageurs et des denrées stockées. Selon De luca (1979), ces substances minérales empêchent la circulation des ravageurs dans l'enceinte tout en bloquant les échanges d'oxygène et d'humidité relative avec le milieu extérieur. Les matières inertes entraînent la mort par déshydratation ou par abrasion de la cuticule des insectes (Kandji, 1996). Seck (1994) rapporte que la cendre empêche l'entrée des adultes dans les stocks, réduit l'oviposition et les émergences en emprisonnant les adultes dans les cellules pupales. De luca (1979) rapporte l'action dissuasive du sable et l'action létale de la silice sur les insectes. Les principales

substances utilisées sont : le sable, la poussière sèche de certaines argiles, les poussières abrasives avec de fines particules de quartz coupantes (Ndiaye, 1991), les cendres, la kaolinite activée par un acide ou par la chaleur (Swamiappan et *al.*, 1976, cité par Seck, 1994), la latérite finement pilée et la chaux vive ou éteinte. L'efficacité des cendres est variable selon leur origine. Les cendres de certaines essences telles que *Parkia biglobosa* et *Afzelia africana* ont une efficacité plus importante que les autres types de cendres, (Stoll, 1988). Une valorisation de ces procédés populaires peut améliorer significativement leur efficacité. Un produit constitué d'un mélange de terre de diatomées et d'attractif est vendu sous le nom commercial d'Insector (Huber, 1990, cité par Seck, 1994).

3.1.2.3. Stockage hermétique

Cette technique permet de tuer les insectes par asphyxie, Elle consiste à favoriser l'augmentation du gaz carbonique (CO₂) et la réduction de l'oxygène (O₂) par la respiration des insectes du stock (Ndiaye, 1991). Le récipient doit être rempli au maximum de grains pour diminuer le volume d'air disponible (Seck, 1994). Selon Ndiaye (1991), une teneur en CO₂ de 10% modifie le métabolisme des grains et induit une fermentation alcoolique qui entraîne une perte de qualité du produit. Toutefois, ce procédé s'est révélé très efficace pour la conservation du niébé au Sénégal (Seck et Gaspar, 1992).

Le récipient utilisé doit être étanche et son matériau résistant aux températures élevées ainsi qu'aux radiations ultraviolettes (Seck, 1992).

Une fois hermétiquement fermé, il est déconseillé de faire des prélèvements fréquents qui rechargent l'enceinte en oxygène.

La contrainte de cette technique de protection en milieu villageois serait la disponibilité des fûts métalliques à un prix abordable.

3.1.3. Utilisation de substances végétales

Dans la quête permanente de moyens de lutte contre les ravageurs post-récolte, l'homme s'est très tôt intéressé aux substances biocides de certaines plantes. Les propriétés insecticides du *Pyrethrum roseum* (Astéracées) sont utilisées depuis plus de 2000 ans par les chinois (Lhoste, 1979). Les principes actifs : les pyréthrines, les cinélines et les jasmolines sont extraits des fleurs des pyrèthres. Ces plantes cultivées au Kenya, Japon et en Amérique du Sud (Equateur) ont connu une exploitation à grande échelle. Auparavant, l'activité insecticide de la nicotine extraite des feuilles du *Nicotiana tabacum* fut découverte par Quintinie depuis 1690 (Lhoste, 1979; Delorme, 1989). La découverte de la roténone dans les racines de certaines *Fabaceae*

(*Derris elliptica*, *D. malaccensis*, *Lonchocarpus nicou* et *L. urucu*) a suivi celle des pyréthrine. Ces plantes ont été à la base des insecticides d'origine végétale qui furent pendant longtemps la seule alternative aux insecticides minéraux de synthèse réputés très toxiques. Cependant, l'utilisation de ces produits chimiques organiques d'origine végétale, tels que la nicotine, la pyréthrine, et la roténone était limitée par des contraintes économiques liées à leur coût de production élevé.

L'avènement des produits organiques de synthèse met fin à la période glorieuse des insecticides d'origine végétale vers les années 1950.

Aujourd'hui, des milliers de plantes sont utilisées dans le tiers monde pour la protection des récoltes (De luca, 1979).

En Afrique subsaharienne, les principales plantes utilisées traditionnellement contre les bruches et autres coléoptères des denrées stockées (**tableau 6**) sont généralement des répulsifs, antiappétants ou toxiques (ovicide, larvicide et adulticide).

Tableau 6 : Les principales plantes utilisées contre les bruches en Afrique subsaharienne

Noms scientifiques des plantes	Familles
<i>Acacia senegal</i>	MIMOSACEAE
<i>Afzelia africana</i>	CAESALPINACEAE
<i>A rachis hypogea</i>	FABACEAE
<i>Boscia senegalensis</i>	CAPPARACEAE
<i>Calotropis procera</i>	ASCLEPIADACEAE
<i>Capsicum frutescens</i>	SOLANACEAE
<i>Andropogon sp</i>	POACEAE
<i>Annona senegalensis</i>	ANNONACEAE
<i>Cassia nigricans</i>	CAESALPINACEAE
<i>Citrullus calocynthus</i>	CUCURBITACEAE
<i>Cocos nucifera</i>	ARECACEAE
<i>Cynodon dactylon</i>	POACEAE
<i>Elais guineense</i>	ARECACEAE
<i>Erythrophleum guineense</i>	CAESALPINACEAE
<i>Eucalyptus globulus</i>	MYRTACEAE
<i>Feretia apodanthera</i>	RUBIACEAE
<i>Gossypium hirsutum</i>	MALVACEAE
<i>Harungana madagariensis</i>	GUTTIFERACEAE
<i>Yiptis spicigera</i>	LAMIACEAE
<i>Khaya senegalensis</i>	MELIACEAE
<i>Lantana camara</i>	VERBENACEAE
<i>Lippia multiflora</i>	VERBENACEAE
<i>Mitracarpus scaber</i>	RUBIACEAE
<i>Ocimum basilicum</i>	LAMIACEAE
<i>Parkia biglobosa</i>	MIMOSACEAE
<i>Pergularia tomentosa</i>	ASCLEPIADACEAE
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	FABACEAE
<i>Tragia senegalensis</i>	EUPHORBIACEAE
<i>Uvaria chamae</i>	ANNONACEAE
<i>Vitellaria paradoxa (Butyrospermum parkii)</i>	SAPOTACEAE
<i>Azadirachta indica</i>	MELIACEAE

Selon Jacobson (1989), les espèces les plus prometteuses appartiennent aux familles des ANNONACEAE, ASTERACEAE, CANELLACEAE, RUTACEAE, MELIACEAE et LAMIACEAE. Toutefois, il convient d'adjoindre à cette liste la famille des CAPPARACEAE à laquelle appartient *Boscia senegalensis* qui semble également prometteuse (Seck, 1993 ; 1994). Diverses études sur *Boscia senegalensis* et *Azadirachta indica* ont révélé l'intérêt de ces plantes dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées. En effet, diverses études phytochimiques réalisées sur le neem (*A. indica*) montrent qu'il produit plus de 30 composés bioactifs dont le plus puissant est l'azadirachtine (ICRAF, 1995). Ces principes actifs agissent surtout comme inhibiteurs de croissance et antiappétants sur plus de 200 espèces d'insectes

nuisibles (Kandji, 1996). La teneur en azadirachtine varie selon l'écotype, l'organe et l'environnement (Schmutterer, 1990), Le meilleur rendement obtenu a été de 10 g/kg d'amande. Le neem n'est pas nocif pour l'homme (DL₅₀ de 14 à 24 ml/kg/j). Il existe actuellement des formulations industrielles d'extraits de neem connues sous divers noms commerciaux (MARGOSAN-0, BIONEEM, AZATIN, ALIGN, BENEFIT, NEEMIX et le TURPLEX). Le neem est actuellement considéré comme le pesticide naturel idéal (Gabdakoye, 1996).

* Les huiles végétales

Il existe un très grand nombre d'huiles végétales que l'on trouve sous différents états selon la température ambiante et leurs propriétés physico-chimiques. La plupart sont liquides (huile d'arachide, de colza, de tournesol, de coton, maïs, soja et leurs propriétés physico-chimiques d'autres sont semi-liquides (huile de palme) ou solides (huile de copra). Ce sont seulement les huiles liquides qui sont utilisées comme insecticides (Balachowsky ,1951)

Les huiles végétales sont parmi les extraits de plantes les plus utilisés Elles permettent le contrôle des bruches du niébé (Naik et Dumbre, 1984, cités par Seck, 1994). Les huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* L., d'*Hyptis spicigera* Lam. et d'*Hyptis suaveolens* Poit. sont toxiques à faible dose pour *C. maculatus*(Djibo,1992). L'huile de neem a assuré la protection des graines de niébé pendant 6 mois à une dose de 5-10 ml/kg de niébé (Daniel et Smetana, 1990). De luca (1979) rapporte (deux) 2 formes d'action des huiles végétales qui se traduisent soit par une destruction des larves dans les oeufs après pénétration à travers les pores du chorion soit par une augmentation de la mortalité imaginale suite à la création d'un film asphyxiant sur la cuticule avec obstruction des orifices respiratoires.

L'activité biocide des huiles sur *C. maculatus* serait due à une toxicité variable de leurs acides (Schoonhoven, 1981 ; Don -Pedro, 1990, cités par Seck, 1994).

La toxicité des huiles est variable. Seck (1994) rapporte que les huiles brutes ont une toxicité plus élevée que les huiles purifiées.

3.2. La lutte moderne

3.2.1. Méthodes physiques

La lutte physique est un procédé qui permet l'élimination directe du ravageur ou la modification de son environnement, qui devient inhospitalier. Par exemple les températures élevées de l'ordre 45°C sont létales pour les insectes (Kumar, 1991).

L'exposition des insectes à des froids intenses (-10 à -30°C) pendant un temps court entraîne la mort des larves dans les graines à un coût abordable (Levoi et al., 1990).

L'irradiation est un procédé qui permet de tuer tous les stades de développement de l'insecte à des doses élevées ou d'induire une stérilisation à des doses faibles (El Badry et Ahmed, 1975; Hecal et El-kady 1987, cités par Seck, 1994). Les radiations X et Gamma ont un pouvoir de pénétration élevé entraînant une stérilité et une perturbation de la biologie de l'insecte.

L'irradiation constitue par ses avantages (absence de résidu, pas de phénomène de résistance, action instantanée innocuité pour les utilisateurs, pénétration uniforme dans la denrée) une méthode alternative à l'utilisation d'insecticides. Toutefois, le coût élevé de l'investissement et la non maîtrise de la technique requise freinent son utilisation en milieu paysan.

Le stockage en atmosphère contrôlée est un moyen de lutte efficace contre les insectes. Elle consiste à enrichir l'atmosphère en azote ou en gaz carbonique au détriment de l'oxygène, ce qui provoque la mort des insectes par anoxie (Seck, 1994).

Les contraintes majeures communes à toutes les méthodes physiques de lutte sont leur application difficile en milieu rural et les coûts d'investissements qui ne sont pas en adéquation avec le pouvoir d'achat des paysans.

3.2.2. Les méthodes biologiques

Le principe consiste à introduire dans le milieu de vie du ravageur un prédateur, un parasitoïde ou un micro-organisme pathogène pour contrarier son développement ou le tuer. Les micro-organismes (champignons, protozoaires, bactéries, virus) induisent des maladies chez les ravageurs.

Des biopesticides peuvent être fabriqués à partir de ces individus pour contrôler les ravageurs.

Les insectes parasites ou parasitoïdes peuvent pondre à l'intérieur ou sur le corps des ravageurs qu'ils tuent au terme de leur développement. Des études réalisées au Niger montrent que ces

parasitoïdes peuvent réduire significativement les populations de bruches dans les stocks (Alzouma, 1995). Ces mêmes travaux révèlent que *Dinarmus basalis* est un très bon agent de lutte s'il est seul et peut parasiter jusqu'à 90% des larves de *C. maculatus*. Toutefois en situation de compétition, ce parasitoïde devient inefficace en présence d'*Eupelmus vuilleti* qui manifeste un comportement agressif et dominant contre ce dernier. Selon le même auteur, la compétition entre ces deux espèces empêche l'installation de *D. basalis* sur des graines parasitées par *E. vuilleti*. *Uscana lariophaga* parasite les oeufs des bruches et est présent dans les structures de stockage durant toute la saison sèche.

Les prédateurs ou entomophages tuent leurs proies par une attaque directe. Ils sont généralement d'une taille plus importante. Les phéromones, kairomones (substances végétales) et hormones juvéniles sont également utilisées dans la lutte biologique pour modifier le comportement de l'insecte.

La méthode biologique est prometteuse mais son application est encore restreinte en milieu paysan.

3.2.3 - La résistance variétale

L'obtention de variétés résistantes à l'attaque des bruches pourrait contribuer à minimiser l'importance des dégâts causés aux produits de récoltes en stocks.

Les variétés d'arachide actuellement cultivées au Sénégal sont toutes sensibles aux bruches. Par contre pour le niébé, contrairement aux variétés introduites, ce sont seulement celles cultivées localement qui manifestent une grande sensibilité (Mougne, Bambey 31, Ndiambour, Mélékh, B.509, Mouride, Diongoma...).

Le mécanisme de la résistance est de nature physique ou biochimique. Les femelles de *C. maculatus* préférant les graines lisses pour la ponte, celles-ci sont en conséquence plus sujettes aux attaques que les graines ridées.

Les inhibiteurs de trypsine et de protéase sont à la base de la résistance en empêchant le développement larvaire de l'insecte. La création de cultivars qui comportent à la fois une résistance des gousses et celle des graines serait un bon moyen de lutte (Seck et al., 1992).

La résistance variétale peut constituer une bonne alternative à la lutte chimique en milieu villageois car elle est moins coûteuse et n'occasionne pas de nuisance chez les populations et l'environnement. Cependant la recherche doit encore beaucoup oeuvrer pour résoudre non seulement le problème de l'instabilité de cette résistance dans le temps (la résistance verticale est la plus fréquemment rencontrée) mais surtout créer des cultivars intégrant dans leur génome des caractères agronomiques intéressants et une résistance aux ravageurs. Ceci est encore difficile compte tenu de la corrélation négative qui existe entre la résistance aux contraintes biotiques et les caractères agronomiques.

3.2.4. La chimie-protection dans le contexte africain

Les avancées de la chimie organique ont permis de mettre sur le marché des produits phytosanitaires dès les années 1940. Ainsi, les insecticides de synthèse connurent une utilisation massive pour la protection des cultures d'exportation (arachide, coton, etc.) dans les colonies d'Afrique occidentale. Aujourd'hui, plus de 80% des produits agrochimiques importés sont encore appliqués sur les cultures de rente. Toutefois, la part du marché des insecticides synthétiques utilisés pour la protection des denrées stockées est minime et représente à peine 30 % au Sénégal (Seck, 1994).

Les principaux produits utilisés pour la protection des stocks des graines de niébé et d'arachides peuvent être classés en deux groupes suivant leur mode d'action : les insecticides de contact et les fûmigants.

3.2.4.1. Les insecticides de contact

Ces produits ont la particularité d'avoir une dégradation beaucoup plus rapide en zone tropicale d'où la nécessité de doubler la dose recommandée en climat tempéré pour une plus grande efficacité. Cependant, ils donnent de bons résultats surtout chez les insectes adultes. Les pesticides les plus couramment utilisés appartiennent aux familles chimiques suivantes :

« **Les organochlorés (OC)**. Ces produits engendrent des problèmes de toxicité chronique qui ont justifié l'interdiction de leur utilisation. Les plus efficaces contre le *C. maculatus* sont le DDT et le lindane avec des DL_{50} très faibles (0,022 et 0,01 $\mu\text{g}/\text{adulte}$). Ils sont très toxiques pour les animaux à sang chaud (Hussein et al., 1982, cités par Seck, 1994).

« **les composés organophosphorés (OP)**. Les produits phosphoriques ont généralement une action toxique qui provoque le blocage des cholinestérases. Les OP agissent par contact et par inhalation. Leur tension de vapeur élevée permet des

traitements par couches (en sandwich). Leur rémanence est faible en présence de la lumière. Par contre, dans l'obscurité elle peut dépasser 6 mois. Les principaux produits utilisés pour le contrôle des ravageurs des stocks sont le Pyrimiphos-méthyle (ACTELLIC), le Chlorpyrifos-méthyle (RELDAN), le Malathion poudre, le Bromophos (NEXJON), Dichlorvos et l'Iodofenphos. (Dramé, 1996).

- **les Carbamates.** Seck (1994) citant Hussein et *al.* (1982) rapporte que le plus efficace dans ce groupe sur *C. maculatus* est le Carbaryl avec un DL50 de 0,25µg/adulte.

• **les Pyréthrinoïdes de synthèse.** Le plus intéressant du groupe est la deltaméthrine. Elle permet la conservation du niébé pendant 6 à 7 mois en milieu tropical à la dose de 1ppm (Seck, 1994). Mais comme tous les pyréthrinoïdes, elle a une tension de vapeur très faible nécessitant une bonne répartition avec les graines lors du traitement. Ces insecticides ont une toxicité faible pour les animaux à sang chaud et une longue rémanence.

3.2.4.2. La fumigation

La fumigation est un traitement insecticide curatif qui consiste à introduire un gaz dans une enceinte bien étanche et l'y maintenir à une concentration suffisante pendant un temps donné pour permettre la diffusion de celui-ci à travers toute la masse du grain. Son grand pouvoir pénétrant permet d'éliminer les formes cachées du ravageur (Appert, 1985).

Au Sénégal, le Bromure de méthyle (CH₃-Br.) est très utilisé pour la protection des stocks d'arachides à la dose de 20 à 30g m.a./Tonne. Son inconvénient majeur est la nécessité de disposer d'un matériel de gazage particulier et d'équipes spécialisées. Le phosphore d'aluminium (phostoxin) est très utilisé en Afrique sub-sahélienne. La phosphine (PH₃) s'est montrée très efficace contre les oeufs et larves de *C. maculatus* (Seck, 1994). Toutefois il est important de signaler le caractère dangereux de ce produit qui est mortel pour l'homme. Son utilisation est difficile dès que l'humidité de l'air devient inférieure à 30%.

Malgré leur efficacité indéniable, l'utilisation de ces produits agrochimiques en Afrique pose beaucoup plus de problèmes qu'elle n'en résoud. En effet, non seulement ces produits sont coûteux et inaccessibles à la grande majorité des populations, mais leur utilisation efficiente requiert des infrastructures spécifiques inexistantes en milieu paysan, une maîtrise technique des produits et de leurs doses d'emploi ainsi que le respect des normes de sécurité pour les opérateurs. La méconnaissance des propriétés des produits phytosanitaires est souvent à

l'origine des problèmes d'intoxication et de pollution de l'environnement qui sont une menace sérieuse pour l'homme. L'utilisation déraisonnée des pesticides chimiques entraîne d'une part l'élimination d'insectes utiles créant un déséquilibre biologique de l'entomofaune mais également des phénomènes de résistance. Face à ces difficultés, les propriétés insecticides de certaines plantes peuvent constituer une alternative de lutte plus accessible et moins dangereuse pour les paysans.

4. PLANTES ET EXTRAITS DE PLANTES TESTES

4.1. *Boscia*

4.1.1. *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam . ex Poir

4.1.1.1. Taxonomie, description et écologie

B. senegalensis appartient à la famille des *Capparaceae* et au genre *Boscia* qui comporte trois espèces : *B. angustifolia* A. Rich., *B. salicifolia* OLIV. et *B. senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir.

Les synonymes de *Boscia senegalensis* sont *Podoria senegalensis* Pers. et *B. octonaria* Hoschst ex. Radlk. Au Sénégal, *B. senegalensis* est connu sous différents noms : Ndiandam (wolof), Mbanâ (sérére), Gidili (Fula-Pulaar), Berifin (Manding-Bambara).

B. senegalensis est un arbuste à caractère buissonnant qui mesure 0.5 à 3 m de haut. Les feuilles sont persistantes et coriaces avec cinq paires de nervures latérales. Elles sont toujours vertes avec un limbe ovale elliptique long de 7 à 10 cm, large de 3 à 6 cm, une base arrondie avec un sommet légèrement échancré et mucroné. Les fleurs en corymbes terminaux sont verdâtres ou blancs jaunâtres. Le fruit est une baie sphérique de diamètre 1,5 à 2 cm, qui varie du vert au brun jaunâtre à la maturité. Le fruit contient une pulpe visqueuse dans laquelle sont noyées une à deux graines vertes. La floraison commence au début de la saison sèche et les fruits entrent en maturité pendant la saison des pluies.

B. senegalensis est une plante de la zone saharo-sahélienne caractérisée par des températures moyennes de 22 à 30°C et une pluviométrie allant de 100 à 600 mm. Il pousse sur des terrains arides (latéritiques, rocheux, sablodunaires). Au Sénégal, il est surtout rencontré dans les régions de Dakar, de Thiès, de Louga et de Saint-Louis où il est plus abondant. En Afrique, sa distribution s'étend de la Mauritanie au Nord à la Somalie au Sud, de l'Océan atlantique à la Mer rouge (Seck, 1994)

4.1.1.2. Utilisations

Au Sénégal, les fruits et les feuilles sont utilisés comme nourriture de subsistance. Les feuilles jeunes surtout sont utilisées comme légume. Les fruits et jeunes pousses sont appréciés par les bovins, ovins et caprins. Les racines, écorces et feuilles sont utilisées contre les maladies oculaires, céphalées, bilharziose, troubles digestifs (Kerharo et Adam, 1974).

Les feuilles sont traditionnellement utilisées contre les ravageurs des récoltes

Pouvoir insecticide

Des essais ont montré que des feuilles fraîches de *B. senegalensis* en présence d'adultes de diverses espèces de bruches entraînent un taux de mortalité élevé. Les résultats de ces travaux montrent qu'après une phase d'agitation, les bruches entrent en léthargie et meurent dans les 24 heures qui suivent le traitement (Alzouma et Boubacar, 1985). La toxicité des feuilles de *Boscia senegalensis* se traduit par un état de choc "Knock down" préalable à une mort certaine des adultes de *C. maculatus*.

L'étude de la fraction volatile extraite des feuilles de *B. senegalensis* révèle la présence d'isothiocynate de méthyle (MITC) qui est en fait la substance bioactive de la plante. Cette molécule soufrée est issue de la dégradation enzymatique du méthyle glucosinolate appelé communément la glucocapparine. Cette substance est généralement rencontrée chez les *Brassicaceae*, *Capparaceae*, *Coriaceae*, *Euphorbiaceae*, *Gyrostemonaceae*, *Moringaceae*, *Resedaceae*, *Salvadoraceae*, *Tropaealaceae* *Tovariaceae*

L'exploitation industrielle du MITC est envisagée.

Des études chimiques menées sur *B. senegalensis* avec un dosage de glucosapparine ont montré que sa teneur varie en fonction de l'organe considéré (feuilles, fruits), de sa taille, du lieu de collecte des échantillons (influence des facteurs édapho-climatiques) et du stade phénologique. Les feuilles sont plus riches que les fruits en glucocapparine (Coulibaly, 1993). Parmi les produits de dégradation de la glucocapparine, le MITC s'est révélé être le plus toxique sur beaucoup d'insectes. Il apparaît très efficace à faible dose et provoque 100% de mortalité à 57 ppm (Alzouma, 1994).

Chez les *BRASSICACEAE*, la concentration en glucosapparine est plus importante dans les organes jeunes. Coulibaly (1993) rapporte que pour une même espèce il peut y avoir des

variations chimiques des principes actifs sous l'effet de facteurs édapho-climatiques, d'où l'intérêt de toujours préciser l'origine géographique des plantes.

Les effets répulsifs et toxiques des composés glucosinolates ont été mis en évidence respectivement par Nielsen (1978), Nayar et *al.*, (1963), Metzger et Trier (1943) cités par Coulibaly (1993).

Des études sur l'activité biologique des glucosinolates ont permis de mettre en évidence des effets physiologiques (par exemple effet des régulateurs de croissance), effets toxiques (défense contre les agressions extérieures), effets nématocides suite à l'hydrolyse des glucosinolates par une enzyme appelée myrosinase et à la libération subséquente de thiocyanates à partir des racines, effets antifongiques et antibactériens des isothiocyanates. effets stimulants ou dépressifs et insecticides sur les insectes suivant le degré d'infestation à la plante considérée (Coulibaly, 1993).

En plus de leur effet répulsif, ils présentent une toxicité aiguë à l'endroit des insectes des denrées stockées : *C. maculatus*, *Protesphamus truncatus* Horn, *Sitotroga cerealella*. Oliv. (Seck et *al.*, 1993).

4.1.2. Boscia angustifolia A. Rich

4.1.2.1. Taxonomie, description et écologie

C'est un arbuste de 5 à 6 m avec une cime formée de nombreuses branches courtes et serrées. Les rameaux clairs portent des feuilles simples groupées par touffes sur les ramifications. Le limbe est oblong, lancéolé. Les fleurs ne possèdent pas de pétales et donnent des fruits sphériques rugueux, pédonculés et ponctués.

Tableau 7: Synonymes et noms vernaculaires

SYNONYMES	Boscia tennifolia A. Chev.
NOMS VERNACULAIRES	Wolof : Nos Sérère : Ndeyis Bambara : Bérédé Peul-toucouleur : Kiréwi, Tirey, Tirewi

B. angustifolia encore appelé Boscia à feuilles étroites préfère les sols très secs, rocheux ou argileux. Il est également rencontré sur les sols latéritiques et dans les jachères.

4.1.2.2. Utilisations

Les propriétés médicinales sont mises à profit dans la médecine populaire. Les écorces sont utilisées comme antinévralgiques pour les céphalées et la couleur des yeux. Il n'y a pas eu de recherche chimique poussée sur cette plante.

4.2. *Pachyrhizus erosus* (L. Urban)

4.2.1. Taxonomie, description et écologie

P. erosus appartient à la famille des *Fabaceae*, à la sous-famille des *faboideae*, à la tribu des *Phaseoleae* et à la sous-tribu des *Diocleinae*. Le genre *Pachyrhizus* comprend cinq espèces : *P. erosus*, *P. tuberosus*, *P. ahipa*, *P. ferugineus*, *P. panamensis*. Ce sont seulement les trois premières qui sont cultivées, les deux dernières sont des espèces sauvages.

Il est caractérisé par un port ramifié, poilu, rampant ou semi-dressé avec des feuilles trifoliées, des inflorescences axillaires en racèmes et des tubercules racinaires.

P. erosus a un port grimpant ou rampant avec une forme des folioles variable (entière, dentée, palmée, lobée,...). Les caractères distinctifs de l'espèce sont l'absence ou la très faible présence de poils sur les pétales, le nombre de fleurs par inflorescence (4 à 11), la longueur de l'inflorescence, et les caractéristiques de la graine. Les graines de forme plate, carrée ou arrondie peuvent être de couleur vert-olive, brune ou rouge-verdâtre (Sorensen, 1988 et Diouf, 1993).

La plante est communément appelée "haricot-igname". Les anglais l'appellent yarn bean

Dans la zone tropicale, la tubérisation apparaît 4 à 6 semaines après la germination qui a lieu 5 à 12 jours après le semis en conditions optimales (jours courts < 12 h et des précipitations modérées).

P. erosus est photopériodique à jours courts (< 12 h). La variation de la longueur du jour entraîne des phénomènes de compétition entre la tubérisation et la fructification. Ainsi, en période de jours courts, la plante boucle son cycle au bout de cinq mois au maximum (Octobre-Février). Cette saison permet une fructification abondante et une amélioration des rendements en grains. Par contre en période de jours longs, le cycle s'allonge avec un important:

développement végétatif et un rendement élevé en tubercules, au détriment de la formation des graines qui est retardée. Compte tenu des effets du photopériodisme, on préconise de faire une plantation à partir du mois de Mars pour espérer avoir une bonne tubérisation avec des rendements élevés en tubercules commercialisables au mois de Juin. La multiplication de *P. erosus* peut se faire par semis ou à partir des tubercules et dans ce dernier cas, le cycle se raccourcit.

4.2.2 . Utilisations

P. erosus est une plante à usages multiples qui produit à la fois des graines et des tubercules comestibles. La haute valeur nutritionnelle des ses tubercules en fait une plante qui pourrait jouer un rôle important dans la quête permanente de sécurité alimentaire. Son introduction récente au Sénégal contribuera certainement à une plus grande diversification de l'alimentation des populations, La plante produit des tubercules qui peuvent être consommés crus ou cuits. Les jeunes gousses doivent être consommées à l'état immature avant que leur teneur en roténone ne les rendent toxiques.

Les fanes constituent un bon fourrage pour l'alimentation animale. La plante a la capacité de résister aux ravageurs et à certaines maladies virales.

En outre, c'est une légumineuse qui peut intervenir dans l'amélioration et la régénération des sols grâce à sa capacité de fixer l'azote atmosphérique. Ainsi son insertion dans les cultures traditionnelles aura pour effet d'améliorer les systèmes de culture.

Pouvoir insecticide

La tige, les feuilles et les cosses ont des propriétés fongicides et insecticides (Norton, 1942 . Norton et Hansberry, 1945 ; cités par Sogbenon (1990)

L'effet toxique des gousses du *P. erosus* est dû à plusieurs principes actifs. Sorensen (1993) rapporte que Shangraw et *al.* (1955) ont identifié 2 molécules pachyrhizine et pachyrhizole de formules respectives $C_{30} H_{18} O_8 (OCH_3)$ et $C_{19} H_{12} O_6$. Ces molécules représentent 28% du poids sec des extraits dont 90% sont constitués d'huile de résine. Ainsi, la roténone ne serait pas responsable à elle seule de la toxicité de la plante. Selon le même auteur citant Shangraw et *al.* (1955) *P. erosus* contient 2 pachysaponines : A ($C_{30} H_{38} O_6$) et B ($C_{23} H_{18} O_7$).

Les graines renfermant des acides gras dont la teneur est supérieure à 25 %. L'huile de *Pachyrhizus* a une forte ressemblance avec celle du cotonnier.

Tableau 8 Les principales substances insecticides isolées des graines de *Pachyrhizus sp*

Famille chimique	Principes actifs
1 Isoflavone	Deshydro neoténone
1 Içoflavone	Néoténone
6 Roténoïdes	Roténone
	Erosone
	Pachyrhizone
	12 α -OH pachyrhizone
	Dolinéone
	12 a-OH dolinéone
2 Furano-3-phenyl	Pachyrhizine
Coumarine	Erosnine

Source: Sorensen et al, 1992

La roténone est un puissant insecticide de contact efficace sur de nombreuses espèces. Les teneurs maximales sont rencontrées dans les graines à maturité complète. D'après G. Stoll, cette substance biocide a une faible rémanence (3 à 7 jours). Son action toxique se manifeste à de très faibles doses. La dose létale 50 pour le ver à soie de l'ordre de 0,003 mg. Elle a une toxicité 10 fois supérieure à celle de la nicotine et 30 fois celle de l'arséniate diplombique. Toutefois les isomères de la roténone et les roténoïdes sont beaucoup moins toxiques. Quoique quasi inoffensive pour l'homme et les animaux à sang chaud, la roténone est très active sur les animaux à sang froid qu'elle tue à très faible dose. Ainsi on peut l'utiliser sans inconvénient sur les fruits, les légumes et les denrées stockées. En effet la roténone est très active sur les larves et adultes des coléoptères. Diverses études menées sur sa toxicité en Amérique, en Europe et au Japon ont permis de déterminer sa dose létale et son action sur de nombreux insectes. Contrairement aux pyréthrine qui agissent rapidement avec une action de choc souvent fûgace, la roténone agit de façon beaucoup plus lente, l'insecte continuant à se nourrir normalement après absorption de sa dose létale. L'action toxique ne se manifeste que 24 à 48H après et on n'observe jamais de reviviscence chez les insectes intoxiqués. La roténone provoque des troubles respiratoires et diminue de façon notable la quantité d'oxygène utilisée par les tissus et les cellules. De formule brute $C_{23}H_{22}O_6$, elle est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'éther, très soluble dans le chloroforme, l'acétone, le benzène, l'acétate d'éthyle et le trichlorethylène qui sont les principaux solvants (Balachowski, 1951).

4.3. Les huiles végétales (3.1.3)

Les huiles végétales testées au Laboratoire des Denrées Stockées et Technologie Post-recolte du CNRA de Bambey sont extraites des amandes de 3 arbres et d'une plante qui sont tous couramment rencontrés en Afrique .

4.3.1. *Balanites aegyptiaca* (L.) Del

4.3.1.1. Taxonomie description et écologie

B. aegyptiaca appartient à la famille des Simaroubacées.

Différentes appellations (synonymes et noms vernaculaires) sont utilisées pour le désigner (Tableau 9).

Tableau 9 : les différents synonymes et noms vernaculaires de *B. aegyptiaca*

SYNONYMES	Ximenia aegyptiaca Agialida senegalensis Van thiegh Agialida barteri Van thiegh Agialida tombouctensis Van thiegh Balanites ziziphoides Mildbr. et Schelechter
NOMS VERNACULAIRES	Wolof : Sump Sérère: model Peul-toucouleur : mutoki, murtoki, mutéki, muretoki Malinké, Bambara, Sarakholé : Séréné, Ségéné, Ségiré Mandingue Socé : Sumpo Français : Dattier du désert

C'est un arbuste épineux pouvant atteindre 8 à 10 mètres de hauteur et doté de longues épines fortes et droites. Les feuilles alternes sont souvent plus petites en zone aride. Les fleurs jaunes verdâtres et peu apparentes se tiennent à l'aisselle des feuilles. Les fruits sont des drupes sphériques ou ovoïdes de couleur verte devenant jaune à maturité.

La zone de distribution de *B. aegyptiaca* s'étend depuis la Mauritanie jusqu'au Soudan. Il est peu exigeant et pousse très bien sur les sols sableux, argileux et pierreux mais très drainé. Au Sénégal on le rencontre surtout dans la Vallée du fleuve, au Cayor, Ferlo et un peu en Casamance.

B. aegyptiaca encore appelé dattier du désert est une plante spontanée qui se cultive néanmoins en semis direct ou en sachets. La levée est longue mais la croissance est rapide dans les 8 premières années.

4.3.1.2. Utilisations

B. aegyptiaca fournit un excellent bois très résistant utilisé comme bois de sen-ice ou bois d'oeuvre.

Le fruit du dattier du désert est très riche en glucides (50 % environ) et en vitamines. Il est très apprécié et est vendu sur les différents marchés du Sahel. La graine contient près de 50 % d'une huile utilisée dans l'alimentation après broyage. Le goût amer de l'huile est dû à la présence de la balanitine. Elle doit sa couleur jaune à la présence de carotène.

Les propriétés thérapeutiques de la plante sont bien exploitées dans la médecine traditionnelle

Pouvoir insecticide

Les tests de différents organes de la plante (écorces, racines, tiges et fruits) ont donné des résultats intéressants (Kerrharo et *al.*, 1973).

L'analyse chimique de l'amande a révélé la présence d'un saponoside doté de propriétés toxiques.

4.3.2. *Parinari macrophylla* Sabine

4.3.2.1. Taxonomie, description et écologie

Parinari macrophylla est un arbre de la famille des Rosaceae appelé sous divers noms vernaculaires (**Tableau 10**)

Tableau 10 : Noms vernaculaires de *P. macrophylla* sabine

Wolof	néw, né0
Sérère	daf, idaf
Mandingue	tâba
Bambara	w o
Peul-toucouleur	naodé, newdi

L'arbre mesure 8 à 10 m de haut et à une cime arrondie, des feuilles alternes ovales. Les fruits (drupes) subsphériques ont une couleur brune dorée à maturité avec une pulpe sucrée.

Il est rencontré surtout au Sénégal dans la zone du Cayor ce qui explique certainement l'appellation du Pommier du Cayor.

4.3.2.2. Utilisations

Les propriétés phytothérapeutiques de cet arbre sont couramment exploitées en médecine traditionnelle.

Le fruit de *P. macrophylla* contient un noyau qui est constitué de 85 à 96 % de coque et 14 à 15 % de graine contenant 62,4 % d'huile siccative.

La composition en acide gras de cette huile est : 40 % acide oléique et 31 % acide éiéostéarique 15 % acide linéolique, 12 % acide palmitique et 2 % acide stéarique (Kerharo et Adam, 1974). Le fruit à maturité contient une pulpe sucrée très appréciée des consommateurs.

4.3.3. Azadirachta indica A. Juss

4.3.3.1. Taxonomie, description et écologie

Cette plante de la famille des Méliaceae est originaire des Indes et du Sud-est asiatique. Il fait l'objet de plusieurs appellations (Tableau 11).

Tableau 11 : Synonymes et noms vernaculaires de *A. indica*

	Antelaea azadirachta (L.) Adelbert
SYNONYMES	Mélia azadirachta L.
	hlélia indica Bandis
NOMS VERNACULAIRES	Peul : Kaaki, Leeki, Miliahi
	Wolof : Nim, Neem, dinmi tubab (Jubier de l'homme blanc)

C'est un petit arbre de 5 à 15 m de hauteur avec des feuilles composées d'un nombre impair de folioles dentées. Le tronc est généralement rougeâtre. Le fruit (une petite drupe) de couleur vert-clair et jaunâtre à maturité est constitué d'une pulpe visqueuse légèrement sucrée et d'un noyau dur.

La fructification commence 3 à 5 ans après plantation. En pleine production (10 ans), l'arbre peut produire entre 40 et 50 kg fruits/an. La production est saisonnière même si dans certaines zones (exemple en Afrique subsaharienne) la plante arrive à produire 2 fois/an.

Le neem peu exigeant peut pousser sous tous les tropiques avec 150 mm. Il atteint son développement optimal entre 450 et 750 mm (Kandji 96). La plante pousse sous tous les tropiques. Elle est rustique et particulièrement adaptée aux régions arides et semi-arides. Elle ne supporte pas les bas-fonds inondés.

4.3.3.2. Utilisations

Le neem est un arbre à usages multiples. Ses vertus médicinales en font un produit apprécié en médecine traditionnelle. C'est un arbre d'ombrage qui fournit un bois durable à usages multiples (sciage pour la menuiserie, poteaux, perches, petit bois de service).

Les graines fournissent des huiles utilisées dans la cosmétique (fabrication de pommades dermatologiques, shampooing).

Pouvoir insecticide (3.1.3.)

A. indica est une des plantes qui a le plus polarisé l'attention de la recherche en matière de protection des cultures et des denrées stockées. Gabdakoye (1996), citant Diambeydou (1985) rapporte que les gousses de niébé se conservent mieux dans des pots de terre cuite en présence de graines pulvérisées d'*A. indica*. Le *A. indica*, le *Boscia* et une Annonaceae (*Annona senegalensis*) ont des effets adulticides et larvicides sur les bruches du niébé (Boubacar 1985)

L'Azadirachtine, l'une des molécules insecticides du neem a une action antiappétante, répulsive, ovicide, antijuvénile, inhibitrice de croissance, larvicide et létale sur plusieurs espèces d'invertébrés (insectes, araignées escargots, etc.). Le mode d'action des composés du neem est encore mal connu quoique des facteurs mesurables existent tels que l'inhibition alimentaire et de la croissance chez les insectes.

4.3.4. *A. rachis hypogea*

4.3.4.1. Taxonomie, description, écologie (1.2.1.)

4.3.4.2. Utilisations (1.2.3.)

L'arachide est essentiellement utilisée pour l'alimentation humaine et animale

La teneur en huile des graines varie de 49,9 à 50,9

Pour la teneur en acide gras, se référer au tableau 2.

CONCLUSION

Le niébé et l'arachide jouent un rôle important sur le plan économique et alimentaire des pays de l'Afrique subsaharienne notamment le Sénégal.

Les attaques perpétrées par les bruches rendent ces denrées inconsommables et non commercialisables au bout de 4 à 6 mois de stockage, Ces ravageurs limitent la consommation de ces produits au rythme des besoins des populations.

Les produits phytosanitaires sont certes efficaces mais difficilement accessibles et souvent mal utilisés.

La recherche de méthodes de lutte moins coûteuse et moins dangereuse pour les utilisateurs et l'environnement est devenue une préoccupation majeure.

Cette étude vise une meilleure exploitation du potentiel insecticide de certaines plantes et extraits de plantes pour un bon contrôle de ces bruches.

PARTIE EXPERIMENTALE

1. MATERJELS ET METHODES

1.1 Matériel

1.1.1. Matériel végétal

- Le substrat : les graines de niébé (*Vigna unguiculata*) utilisées pour l'ensemble des essais appartiennent à la variété Bambey 21. Elles ont été produites par l'Unité de Production de Semences (UPSE) du Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey en 1996. Pour l'arachide (*Arachis hypogea*), nous avons utilisé la variété 55-437 qui reste la plus couramment cultivée dans la zone du Bassin arachidier. Les graines ont été achetées au marché de Bambey au mois de Septembre 1996.
- Les produits et extraits végétaux testés sont des poudres de graines de *Pachyrhizus erosus*, des huiles extraites des amandes de *Parinari macrophylla*, *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica*, *Arachis hypogea*, des feuilles fraîches de *Boscia senegalensis* et *Boscia angustifolia*.

P. erosus : quatre variétés sont testées (EC 219, EC 503, EC X et EC 031). Les graines de celles-ci ont été fournies par le Centre d'Etudes Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS).

Les graines des variétés EC 219 et EC 503 ont été produites dans la localité de THIAGO (Région de Saint Louis).

Pour EC 041, la récolte a été faite au Centre pour le Développement de l'Horticulture de Cambérène (CDH), à DAKAR. Les graines de EC X proviennent de la région de Thiès. Nous avons désigné cette dernière EC X car son identification n'a pas été encore réalisée. Ces variétés ont été choisies sur la base des caractéristiques de leurs graines, notamment de la couleur de leur tégument et leur poids de 20 graines.

Huiles végétales : les huiles de *P. macrophylla* et de *B. aegyptiaca* ont été fournies par le laboratoire de chimie des substances naturelles de l'Université Cheikh Anta Diop de DAKAR (UCAD). L'huile de *A. indica* a été fournie par l'Organisation Non Gouvernementale appelée World Vision et celle d'arachide a été achetée dans le commerce 1.

Les feuilles de *Boscia senegalensis* et de *B. angustifolia* ont été récoltées dans la région de Thiès. Deux sites différents situés sur le plateau à cuirasse latéritique de Thiès ont été visités pour la récolte de *B. senegalensis*, il s'agit de la périphérie de l'Ecole Supérieure Polytechnique

et le Sud Ouest du Stade Lat-Dior, à 2000 m environ de celui-ci sur la piste latéritique. Le *Boscia angustifolia* est récolté dans l'enceinte de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA).

Aussitôt après la récolte, les feuilles fraîches de ces plantes sont conservées dans une glacière contenant quelques morceaux de glaces. L'efficacité de l'activité biologique des feuilles de *Boscia* dépend de leur teneur en précurseur (la glucocapparine) et en eau. L'action de ces composantes entraîne la libération de la molécule active appelée isothiocyanate de méthyle par hydrolyse enzymatique. Ceci explique les précautions prises pour réduire les pertes en eau des feuilles au cours du transport qui peuvent induire une baisse du pouvoir insecticide. La récolte des feuilles s'étale du 08 Septembre au 18 Octobre 1997.

Lors des récoltes effectuées du 08 au 29 Septembre, les plantes étaient fortement défoliées. Ce n'est qu'à partir de la récolte du 06 Octobre que nous avons pu obtenir des repousses très jeunes.

1.12. Matériel biologique

Les souches parentales de *C. serratus* proviennent de lots d'arachide prélevés des stocks des paysans de Ndiakhane (région de Diourbel), tandis que *C. maculatus* provient du niébé infesté qui a été acheté au marché de Bambey.

Les expérimentations ont été réalisées avec des adultes âgés de 24 à 48 heures issus d'élevage de masse maintenu à partir des souches initiales dans le Laboratoire d'Entomologie des Denrées Stockées et Technologie Post-récolte du CNRA de Bambey. Les conditions d'élevage sont celles qui règnent dans le laboratoire ($T = 32 \pm 2^\circ\text{C}$ et $\text{HR} = 65 \pm 5\%$).

L'élevage de masse se fait dans des bocaux d'un litre munis de couvercles grillagés.

1.1.3. Matériel de laboratoire

Le matériel utilisé durant toute la période des expérimentations est constitué par :

- des boîtes de pétri en plastique de diamètre $\varnothing = 90$ mm ;
- des boîtes circulaires grillagées des deux côtés ($\varnothing = 50$ mm) ;
- d'une balance à 1/10 de précision de type SARTORIUS ISO 900 I ;
- d'une balance à 1/10.000 de précision de type Metler AE 100 ;
- des dessiccateurs de volume 750 ml

- d'un thermohygrographe pour la mesure quotidienne de la température et de l'humidité relative .
- des pinces souples pour la manipulation des insectes lors des observations.
- D'une enrobeuse de graines de type GUSTAFSON.

1.2. Méthodes

Les essais ont été réalisés dans les conditions ambiantes du laboratoire à une température de 30 ± 2°C et une humidité relative de 63 ± 5%. Les essais et les élevages de masse sont installés dans des salles différentes mais contiguës.

L'activité biologique des produits et extraits végétaux est évaluée en mesurant leur toxicité de contact ou leur effet fumigant sur les imago d'une part et d'autre part en suivant le rythme d'émergence et l'importance de la population de la descendance F1.

La toxicité de contact est évaluée en observant le nombre d'adultes morts après 24 h, 48 h et 72 h. Notre critère de mortalité correspond à un insecte qui ne peut plus marcher encore moins se tenir debout. Le potentiel de reproduction de cet insecte devient très faible voire nul car incapable de copuler et de pondre sur les graines.

Pour le test de l'effet insecticide de contact, les denrées mises dans les boîtes de pétri (Ø = 90 mm) sont infestées avec des bruches (*C. maculatus* et *C. serratus*) dont la mortalité est observée 24 h, 48 h et 72 h. Sur la base des données obtenues aussi bien pour les objets traités que pour les témoins non traités (pour tenir compte de la mortalité naturelle), nous avons calculé le pourcentage de mortalité corrigée en appliquant la formule d'ABBOTT :

$$\% C = \frac{MT - MT_0}{100 - MT_0} \times 100$$

- % C = pourcentage de mortalité corrigée
- MT = mortalité des objets traités
- MT₀ = mortalité des objets non traités.

Une semaine à 10 Jours après l'infestation artificielle, les adultes morts sont retirés des boîtes de pétri. Les premières émergences sont observées 19 jours après infestation pour le *C. maculatus* et environ 28 Jours pour le *C. serratus*. Pour ce dernier l'observation des émergences porte sur les larves L4 en nymphose.

A partir de la premier-e émergence, le nombre journalier d'adultes F1 est observé pendant 1-1 jours.

1.2.1. Test de l'effet insecticide de contact des poudres et huiles végétales

Préparation des poudres végétales :

Des graines de *P. erosus* broyées à l'aide d'un mortier sont passées au travers d'un tamis à mailles inférieures à 0,5 mm. Ensuite 20 g de denrées traités avec la poudre à des doses croissantes de 0,0025% à 0,10% (P/P) pour *C. maculatus* et 0,1% à 8% pour *C. serratus* sont infestés artificiellement avec 10 adultes.

Application des huiles végétales

Les denrées sont traitées avec les différentes huiles à des concentrations de 2 ml/kg, 4 ml/kg et 10 ml/kg. L'application des huiles sur les denrées est assurée par une enrobeuse GUSTAFSON animée d'une vitesse de rotation de 40 tours/mn pendant 2 mn. Les graines ainsi traitées sont immédiatement infestées avec 3 femelles et 2 mâles de *C. serratus* ou *C. maculatus* selon le substrat considéré.

Dispositif expérimental

Le modèle utilisé est un dispositif en randomisation totale avec 5 répétitions et 2 facteurs, à savoir la variété et le traitement.

Remarque : Dans la suite de l'expérimentation, deux niveaux seulement sont considérés pour la variété (au lieu de quatre initialement testés) en raison des contraintes liées au temps imparti pour la finalisation du travail.

Pour les huiles le type d'huile constitue le premier facteur avec 4 niveaux (Variétés) et le deuxième facteur est le traitement avec également 4 niveaux.

Analyse des données

Les données sont analysées à l'aide du logiciel STATITCF Le test F permet la comparaison des différents niveaux des facteurs étudiés et celui de Newman et Keuls, fait ressortir les groupes homogènes s'il y a une différence significative au seuil de 5 %.

1.2.2. Evaluation de l'effet fumigant

L'effet fumigant des feuilles de *Boscia* sp est testé sur des lots de 100 insectes par espèce.

Pour *C. serratus*, 4 répétitions de 25 adultes **sont** placées dans des boîtes grillagées (0 = 50 mm). Pour *C. maculatus*, nous avons mis 2 répétitions de 50 insectes par boîte.

Le dispositif d'exposition de l'effet fumigant consiste à des dessiccateurs hermétiques de 750 ml ; au fond desquels, les feuilles broyées sont placées.

Des concentrations croissantes de 3 à 12 g puis de 0,25 à 8 g sont mises dans des dessiccateurs hermétiquement fermés. Les doses évoluent au rythme d'une suite géométrique de raison 2.

Les observations portent sur l'effet Knock down (effet de choc) 24 h après la mise en place le l'essai. La mortalité est observée après 48 h et exprimée en % de mortalité corrigée.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. Activité biologique des poudres et des huiles végétales

2.1.1. *Pachyrhizus erosus*

* **Toxicité de contact sur les adultes de *C. maculatus*** : l'observation des résultats du tableau 12 montre une évolution croissante de la toxicité sur les adultes en fonction des doses appliquées.

A 24 h, l'allure des courbes de la **figure 9** est identique pour les deux variétés testées. Aux faibles doses (0,003 %, 0,005 %, 0,010 %, 0,025 %), on observe une différence significative entre variété qui disparaît à partir de la dose de 0,050 %. A partir de cette dose, les deux variétés sont de toxicité comparable sur les adultes de *C. maculatus*. La comparaison multiple des moyennes, (test de Newman et Keuls au seuil de 0,05) montre que la toxicité de la dose de 0,025 % n'est pas différente de celle de la dose la plus élevée quelque soit la variété testés (**tableau 12**).

Tableau 12: Toxicité de la poudre des graines de 2 variété de *Pachyrhizus erosus* sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

Variété de <i>Pachyrhizus erosus</i>	Concentrations (en % P/P)	% de mortalité corrigée après	
		24H	48H
EC 503	0,003	8,7d	8,9c
	0,005	46c	42,2b
	0,010	63,2bc	79,2a
	0,025	95,8a	97,8a
	0,050	100a	100a
	0,10	100a	100a
EC 219	0,003	16,7d	31,3b
	0,005	24,4d	28,1b
	0,010	24,4d	50,1b
	0,025	70,1b	86,3a
	0,050	97,8a	100a
	0,10	100a	100a

Dans chaque colonne, les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au niveau 0.05 (test de Newman et Keuls).

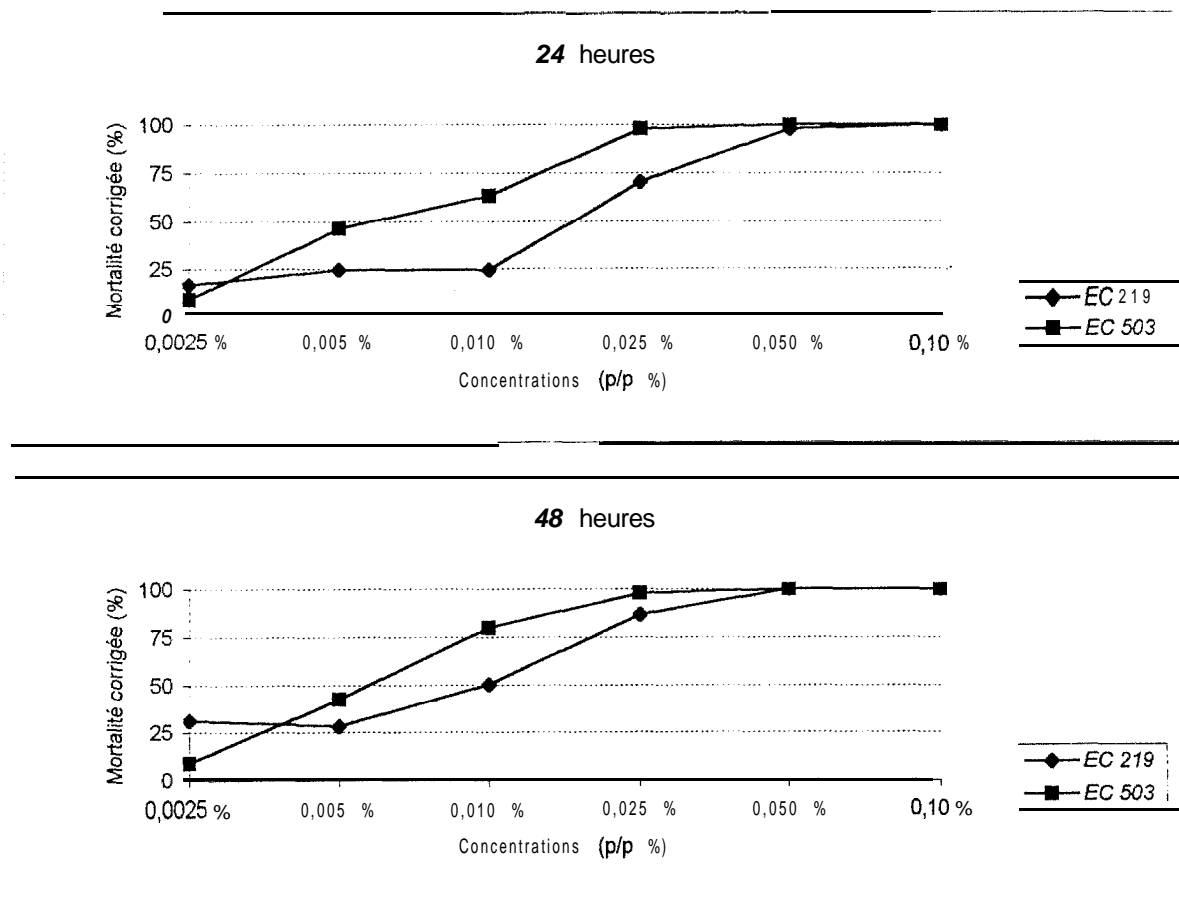


figure 9 : Evolution de la toxicité des poudres de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. maculatus*

Après 48 h d'exposition, les courbes évoluent avec une allure identique et les deux variétés présentent la même toxicité de contact. Là aussi, les deux variétés testées présentent la même toxicité à partir de la dose de 0,05 %. L'analyse des données de toxicité de la poudre de *P. erosus* sur *CI. maculatus* montre que les doses de 0,025 %, 0,05 % et 0,10 % ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. L'observation des résultats obtenus montre que pour une durée d'exposition de 48 h, la mortalité totale des adultes de *C. maculatus* est observée à partir de la dose de 0,025% et ceci quelque soit la variété utilisée.

Par contre, c'est la dose de 0,05 % qui induit une mortalité de 100 % dès le premier jour d'exposition au traitement et quelque soit la variété.

L'analyse statistique montre une différence significative des variétés à 24 h d'exposition. EC 503 semble avoir une plus grande toxicité de contact sur les adultes de *C. maculatus* mais celle-ci disparaît après 48 h. Après cette période d'exposition, l'activité biologique des deux variétés n'est plus significativement différente au seuil de 5% .

*** Effet de la poudre des graines de *P. erosus* sur la descendance de *C. maculatus* :** pour les 4 variétés testées aux fortes doses (0,25 %, 0,5 %, 1 %, 2 %, 4 % et 8 %), l'observation des **figures 10, 11, 12 et 13** n'a pas révélé une différence significative d'effet du traitement sur l'importance de la population F 1 de *C. maculatus*. Ainsi, EC 503, EC 04 1, EC 2 19 et EC X provoquent une réduction significativement équivalente des émergences par rapport au témoin non traite. Cette réduction est de l'ordre de 92 à 96 % et ceci, quelque soit la variété et les doses.

L'observation de l'évolution moyenne des émergences de *C. maculatus* montre qu'il n'y a pas de décalage du pic des émergences des objets traités par rapport au témoin. Celles-ci apparaissent 19 à 20 jours après infestations des denrées traitées et leur rythme d'apparition s'étale sur 4 jours seulement. A partir du 5ème jour, il n'apparaît pratiquement plus d'émergences alors que celles de l'objet traité continuent au-delà de la durée des émergences (14 j)

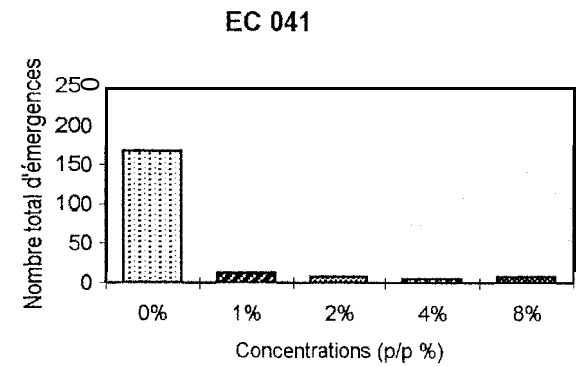
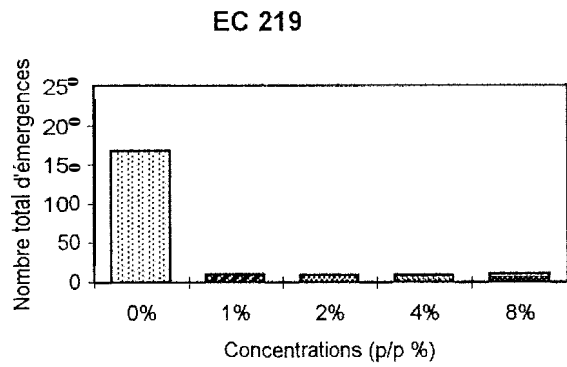
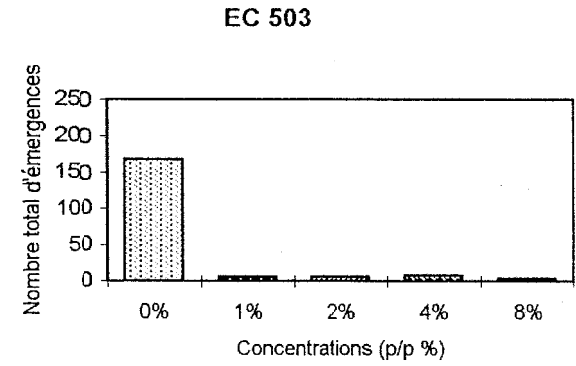
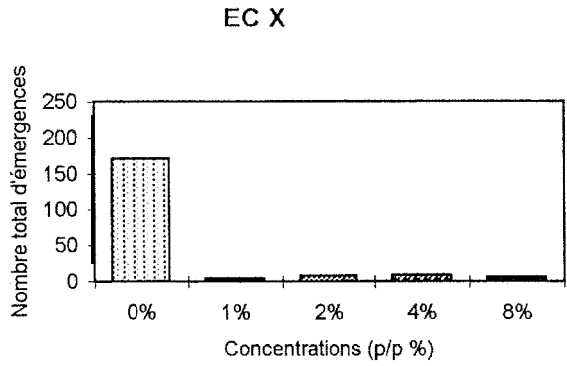
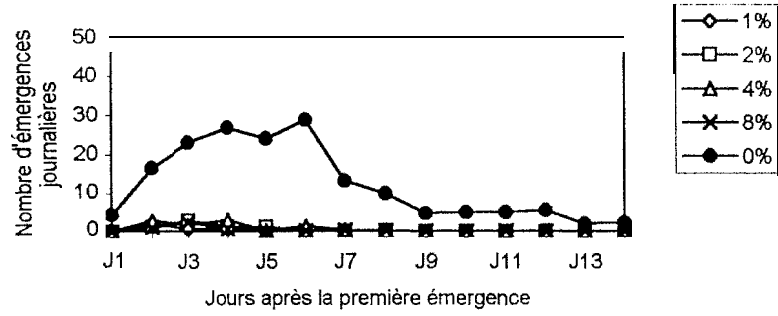
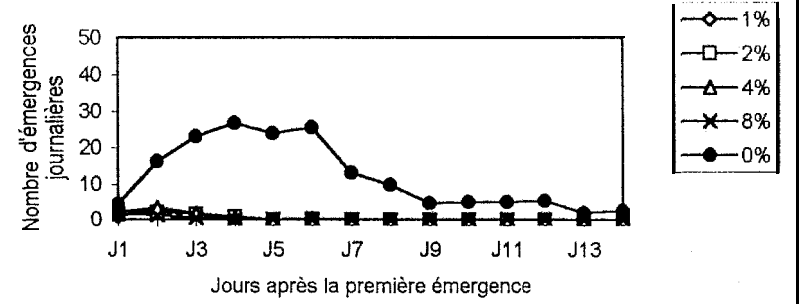


figure 10 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur la population de la descendance F_1 de *C. maculatus*

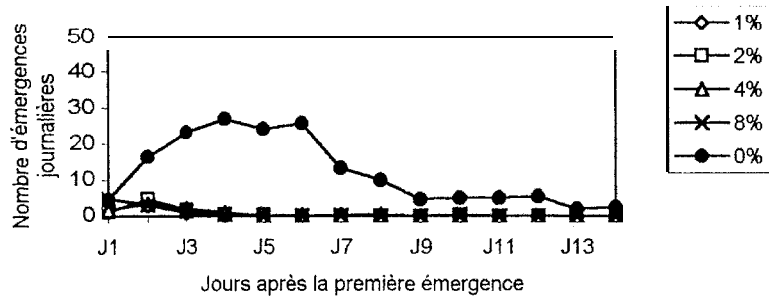
EC X



EC 503



EC 219



EC 041

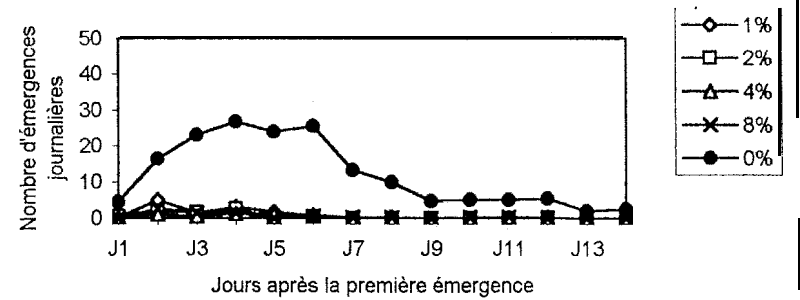


figure 11 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur le rythme des émergences (F_1) de *C. maculatus*

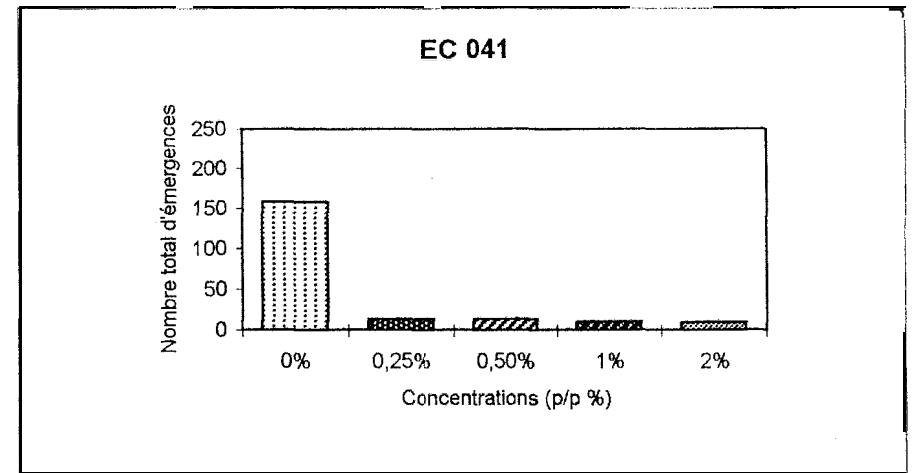
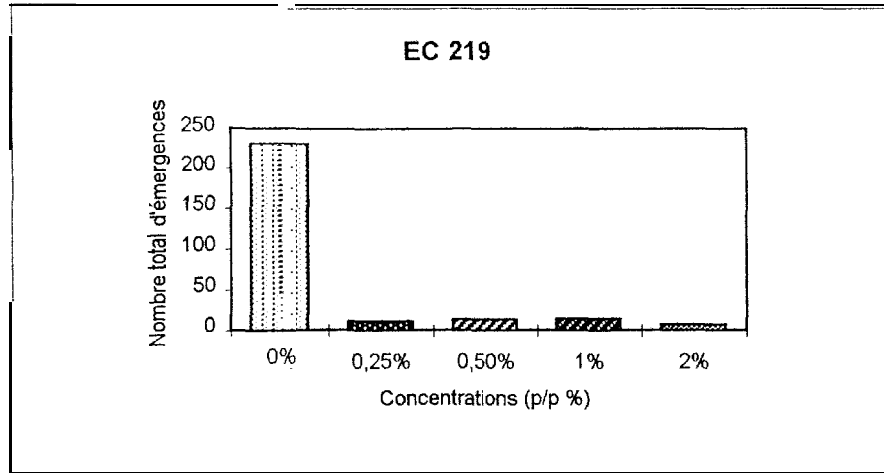
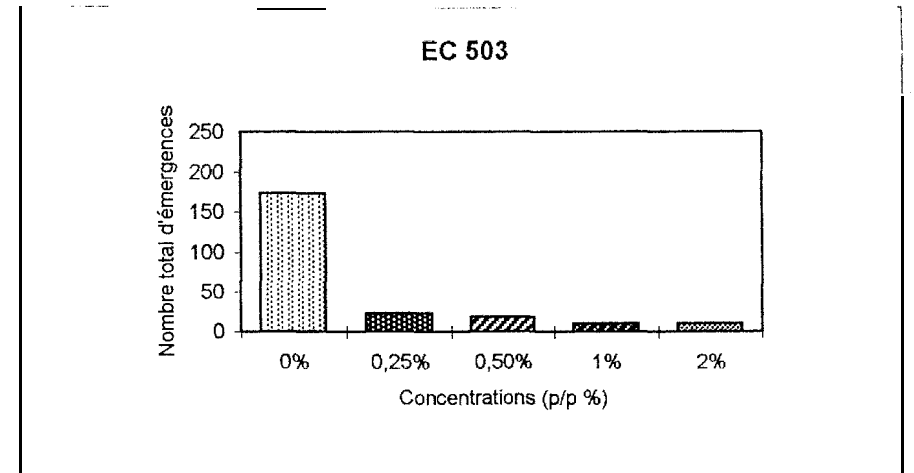
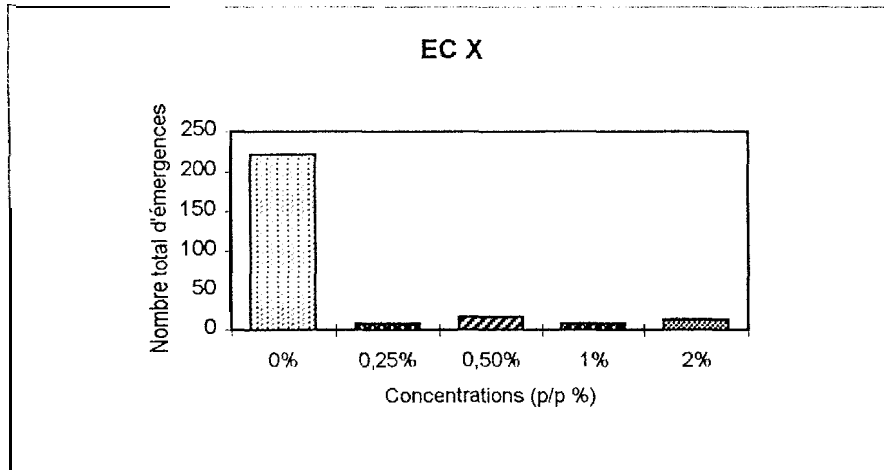


figure 12 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur la population de la descendance F_1 de *C. maculatus*

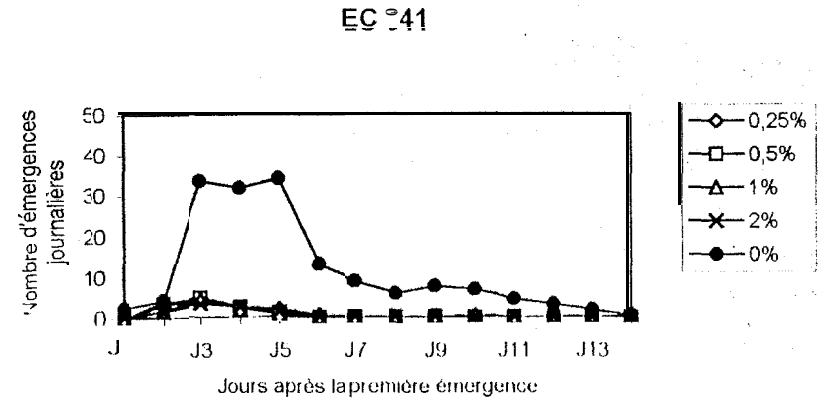
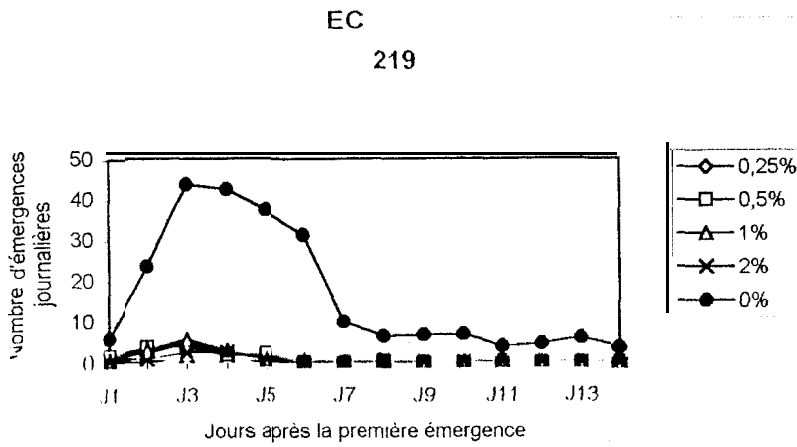
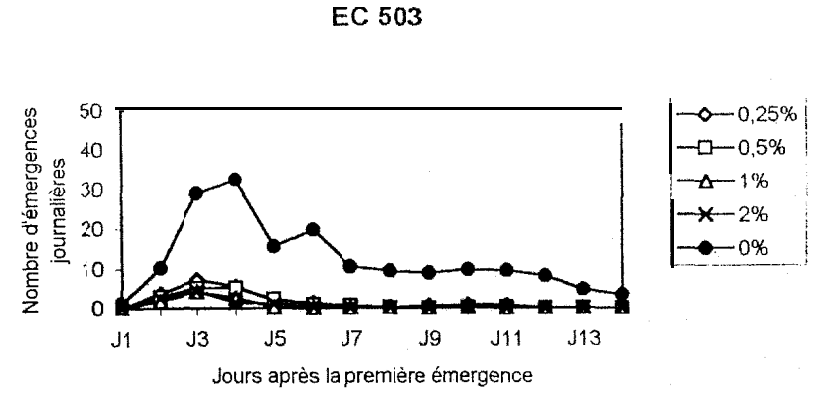
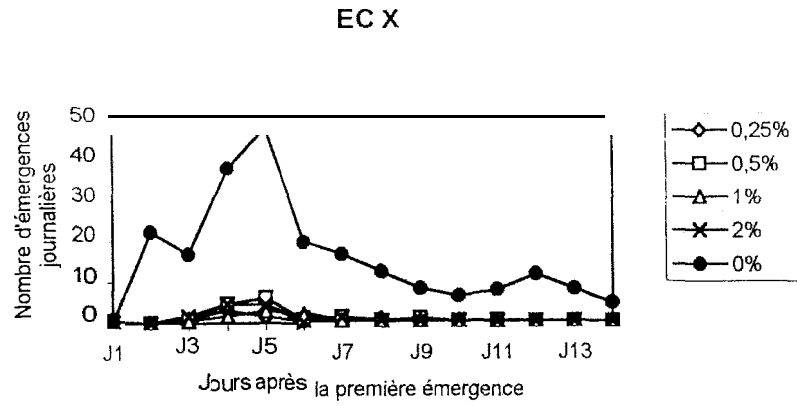
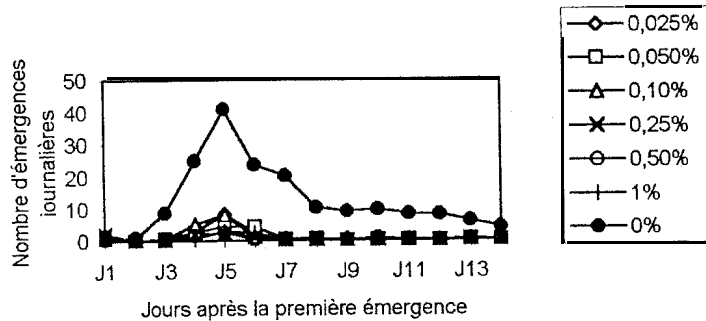


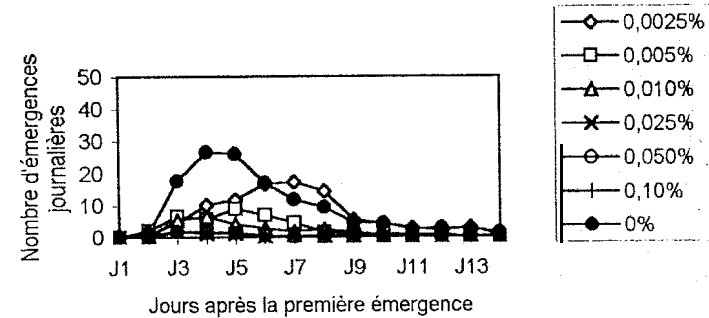
figure 13 : Effet de 4 variétés de *P. erosus* sur le rythme des émergences (F_1) de *C. maculatus*

L'observation des figures **14 et 15** montre que la dose de 0,025 % précédemment identifiée comme étant le seuil de toxicité maximale sur les adultes, confirme son efficacité sur les émergences FI. Pour les variétés EC 503 et EC 219, elle provoque environ une réduction de 90 % de la population FI de *C. maculatus* par rapport au témoin.

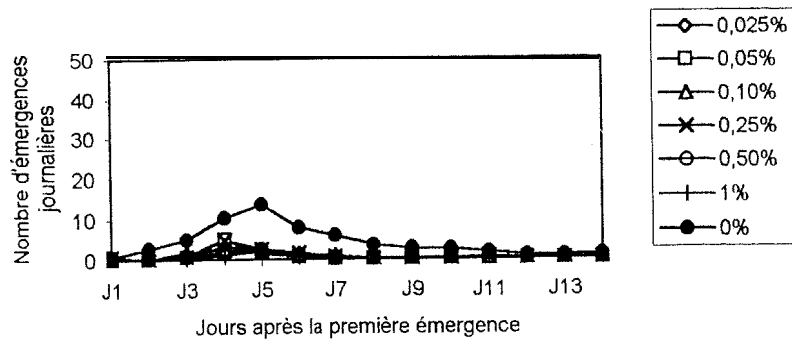
EC 503 (Concentrations : 0,025-1%)



EC 503 (Concentrations : 0,0025-0,10%)



EC 219 (Concentrations : 0,025-1%)



EC 219 (Concentrations : 0,0025-0,10%)

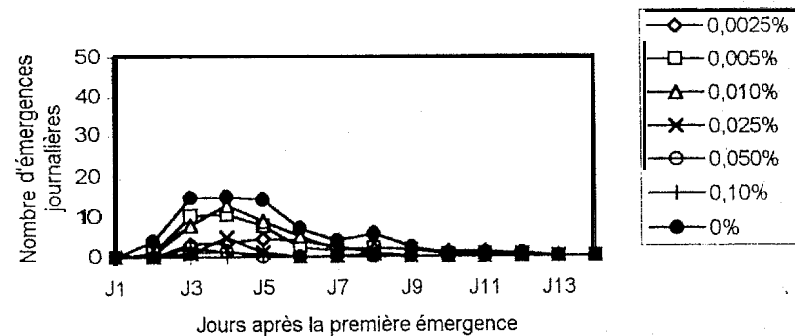


figure 14 : Effets comparés des variétés de *P. erosus* EC 503 et EC 219 sur le rythme des émergences (F_1) de *C. maculatus*

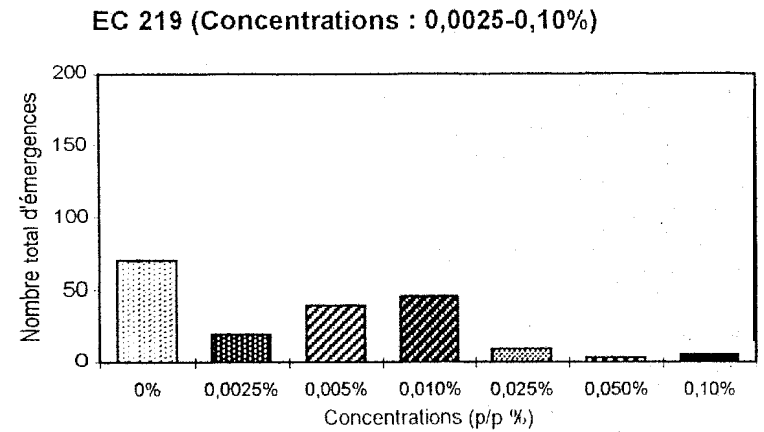
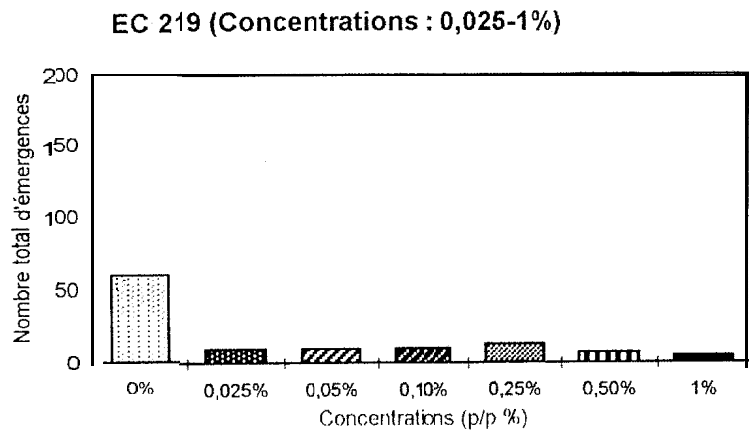
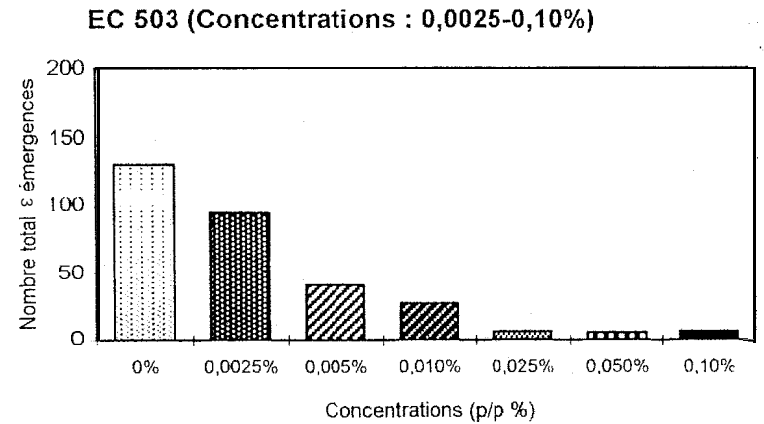
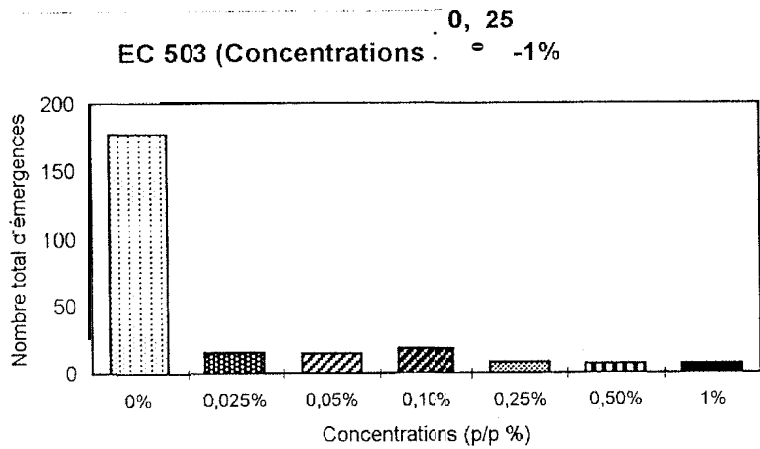


figure 15 : Effets comparés des variétés de *P. erosus* EC 503 et EC 219 sur la population de la descendance F_1 de *C. maculatus*

L'observation de la durée de vie de la descendance F1 montre un effet résiduel du traitement qui se traduit par la mort de la quasi totalité des adultes dans les 24 h qui suivent. Cette observation, apparemment contradictoire avec la faible rémanence de la roténone (un des principes actifs majeurs de *P. erosus*) pourrait s'expliquer par la protection de nos traitements vis-à-vis des rayons ultra-violet.

***La toxicité de contact de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus* :** on a observé une très grande activité biologique des variétés de *P. erosus* testées. L'analyse de la variance montre que les deux facteurs étudiées à savoir la variété et la dose sont très hautement significatifs au seuil de 5 % (Test de Newman et Keuls)

L'observation de la toxicité de contact sur les adultes montre une différence significative entre EC 503 et EC 219 quelque soit le temps d'exposition de l'insecte (**tableau 13**) , EC 219 semble présenter la plus grande toxicité de contact.

Tableau 13: Toxicité de la poudre des graines de 2 variété de *Pachyrhizus erosus* sur les adultes de *Caryedon. serratus*.

variété de <i>Pachyrhizus erosus</i>	Concentrations (en % p/p)	% de mortalité corrigée après		
		24H	48H	72H
EC 503	0,10	16,2d	24,2d	24,9d
	0,25	38,7c	49,1c	58,4c
	0,50	73,3b	67,3b	76,9b
	1	83,8ab	81,8ab	87,6a
	2	91,8a	75,4ab	97,8a
	4	97,8a	97,8a	100a
	8	95,8a	95,8a	97,8a
EC 219	0,10	34,7c	36,4cd	41,8b
	0,25	70,7b	84,7ab	86,7a
	0,50	91,8a	95,8a	100a
	1	98a	100a	100a
	2	100a	100a	100a
	4	100a	100a	100a
	8	100a	100a	100a

Dans chaque colonne, les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au niveau 0,05 (test de Newman et Keuls).

La comparaison multiple des moyennes (test de Newman et Keuls au seuil de 5 %) montre une efficacité de la dose de 0,5 % qui provoque la même toxicité que celle de 8 % avec la variété EC 219 (tableau 13). Pour la variété EC 503 par contre, la dose optimale est de 2 % :

A 24, 48 et 72 h, les courbes de la mortalité des adultes de *C. serratus* évoluent sensiblement de façon analogue pour les 2 variétés (figure 16)

Les plus faibles doses qui provoquent 100 % de mortalité sont 0,5 % pour la variété EC 219 et 2 % pour la variété EC 219.

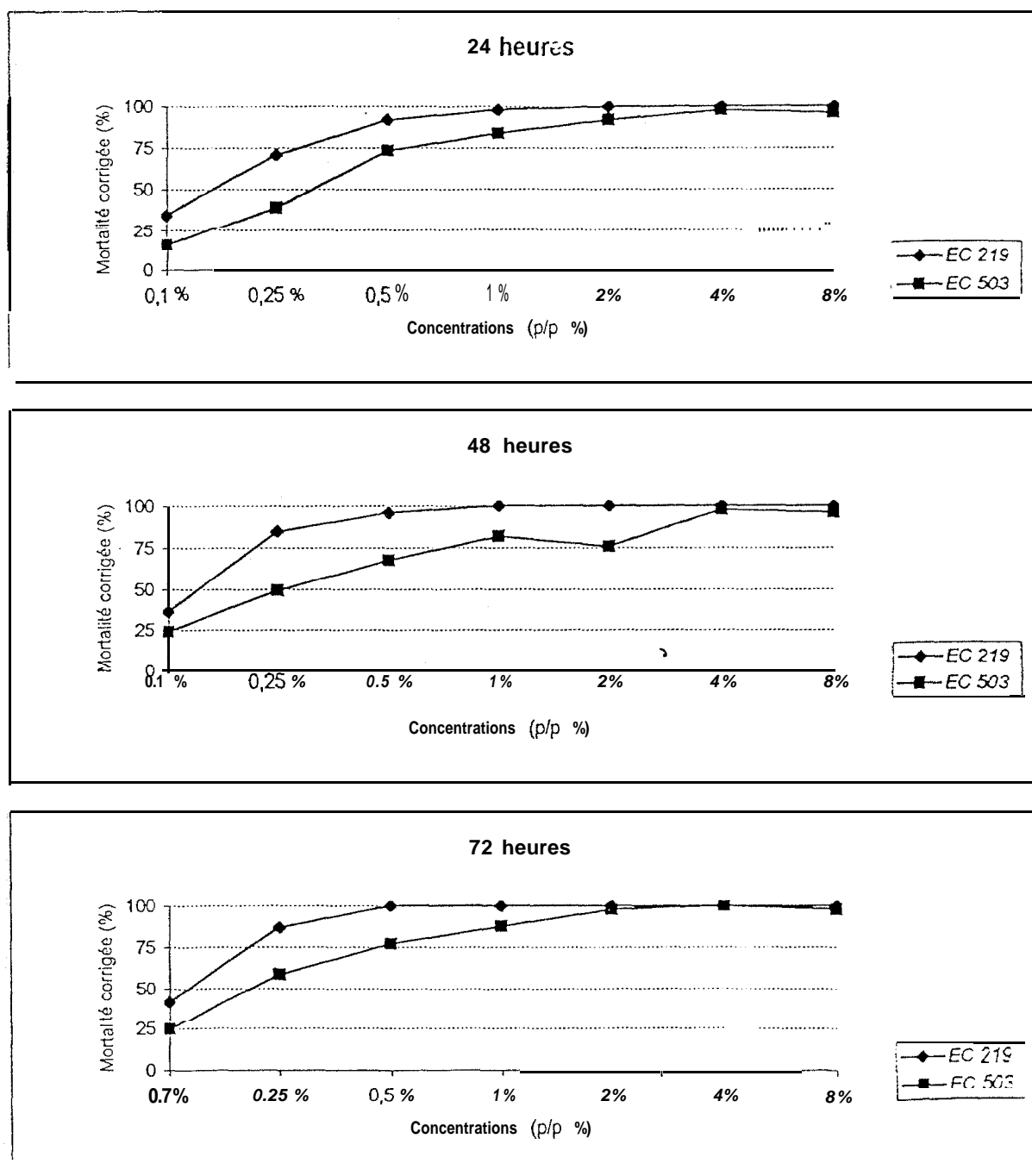


figure 16 : Évolution de la toxicité des poudres de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus*

2.1.2. Huiles végétales

* Toxicité de contact des huiles sur les adultes de *C. maculatus* : L'observation des résultats obtenus montre que toutes les huiles ont une action adulticide très marquée (Tableau 14).

Tableau 14 Toxicité de 4 huiles sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

Huiles	Concentrations d'huile (ml/kg)	% Mortalité corrigée après		
		24 H	48 H	72 H
<i>P. macrophylla</i>	2	12	8d	12ef
	4	4	8d	9df
	8	8	17d	25,3def
	10	32	36cd	54,7bcd
<i>A. indica</i>	2	96	100a	100a
	4	100	100a	100a
	8	100	100a	100a
	10	100	100a	100a
<i>A. hypogea</i>	2	4	4d	8d
	4	20	32cd	48,7cde
	8	38,7	65,3abc	81,7abc
	10	56	52bcd	86,7ab
<i>B. aegyptiaca</i>	2	16	4d	21def
	4	56	17d	23,7def
	8	56	81ab	81ab
	10	74,7	82,7ab	96a

Dans chaque colonne, les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au niveau 0,05 (test de Newman et Keuls).

L'analyse des données de toxicité des huiles sur les adultes de *C. maculatus* montre une différence significative entre les huiles végétales testées et ce, quelque soit la durée d'exposition. L'huile *A. indica* présente une efficacité maximale quelque soit la concentration appliquée. Elle apparaît nettement plus efficace et provoque une mortalité imaginaire de 100 % dès le premier jour du traitement à la dose la plus faible (2 ml/kg).

Les autres huiles testées présentent une toxicité très hautement dépendante de la dose appliquée.

L'huile de *B. aegyptiaca* provoque une mortalité de 96 % après une durée d'exposition de 72 h et à la dose de 10 ml/kg.

L'huile de *A. hypogea* induit 86,7 % de mortalité à 10 ml/kg après 72 h alors que *P. macrophylla* tue 54,7 % des adultes de *C. maculatus* (Figure 17.)

Il ressort de cette étude que l'huile de *A. indica* s'avère la plus toxique sur les adultes de *C. maculatus*, suivie dans l'ordre décroissant des huiles de *B. aegyptiaca*, de *A. hypogea* et de *P. macrophylla*. En effet, après une durée de 24 h, l'huile de *A. indica* s'avère 1,9 fois plus active que celle de *B. aegyptiaca*, 3,3 fois plus active que celle de *A. hypogea* et 7 fois plus active que celle de *P. macrophylla*.

La figure 9 donne l'évolution de la toxicité en fonction des huiles, des concentrations et des temps d'exposition.

* Effet des **huiles sur la descendance de *C. maculatus*** : l'observation de l'évolution de la population F1 confirme la plus grande efficacité de l'huile de *A. indica*. Celle-ci se traduit par une inhibition totale de l'émergence de la nouvelle génération de *C. maculatus* (**figure 18**), des huiles de *P. macrophylla*, *B. aegyptiaca* et *A. hypogea* permettent une réduction moindre mais très significative par rapport à l'huile précédente des émergences de F1 par rapport au témoin.

A la concentration de 10 ml/kg, le pourcentage de réduction des émergences par rapport au témoin non traité à la concentration de 10 ml/kg est de 99,5 % pour *B. aegyptiaca*, 99,6 % pour *A. hypogea* et 98,0 % pour *P. macrophylla*.

De ces résultats, il ressort que malgré son action adulticide faible comparativement aux autres huiles (figure 9), l'huile de *P. macrophylla* réduit de façon très significative la population de la F1 de *C. maculatus* et ceci, même aux doses faibles (**figure 18**). A 2 ml/kg par exemple, elle réduit les émergences de 96,3 % alors que pour *B. aegyptiaca* qui est 3,6 fois plus efficace à 24 h, la réduction n'est que de 82,5 % à la même concentration.

A part l'huile de *A. indica* qui se distingue de façon très nette, le classement relatif des 3 huiles à des doses inférieures à 10 ml/kg pourrait s'expliquer par une plus ou moins grande activité biologique sur les stades préimaginaux (oeufs et larves)

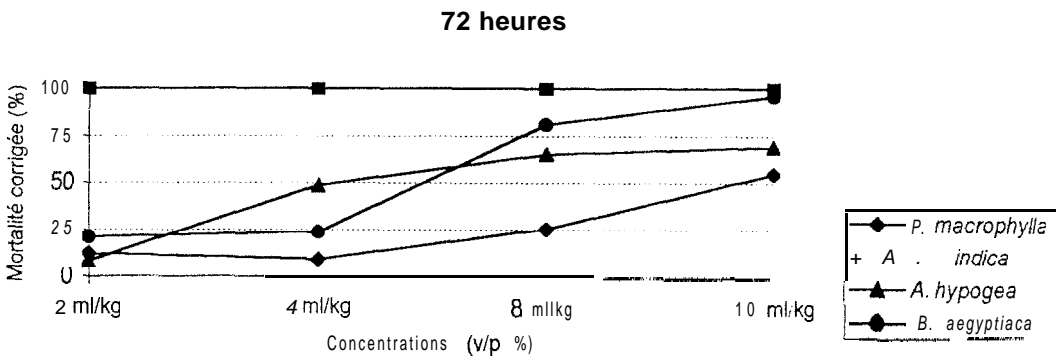
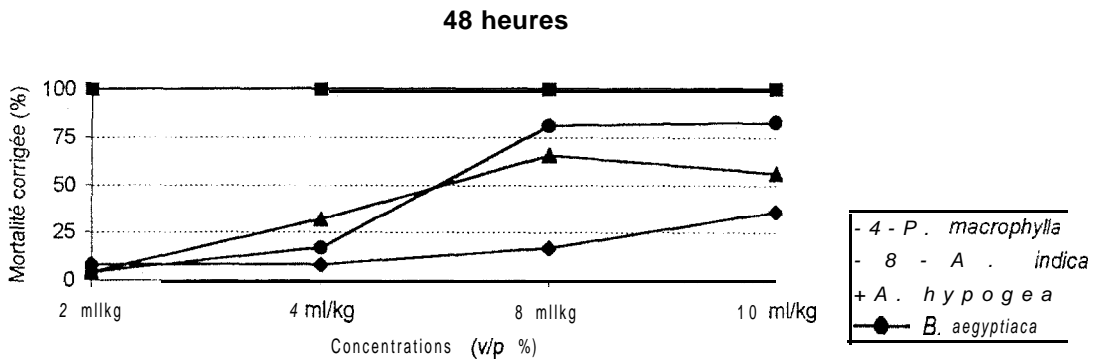
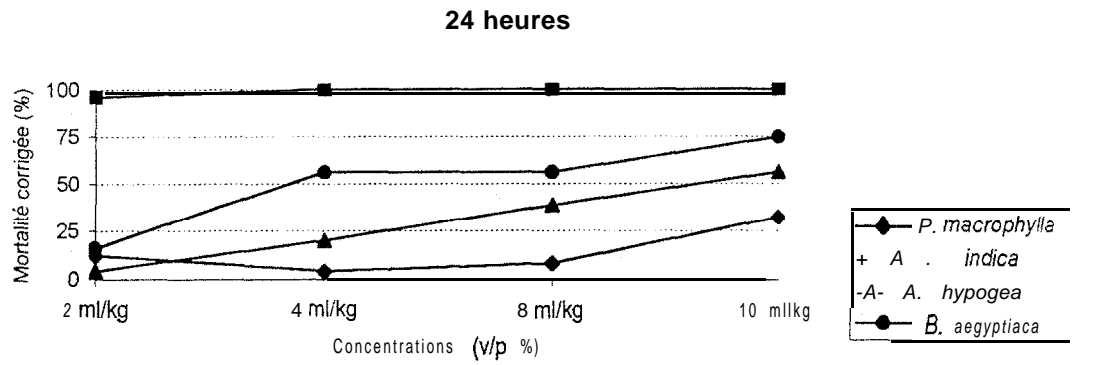


figure 17 : Evolution de la toxicité de 4 huiles végétales sur les adultes de *C. maculatus*

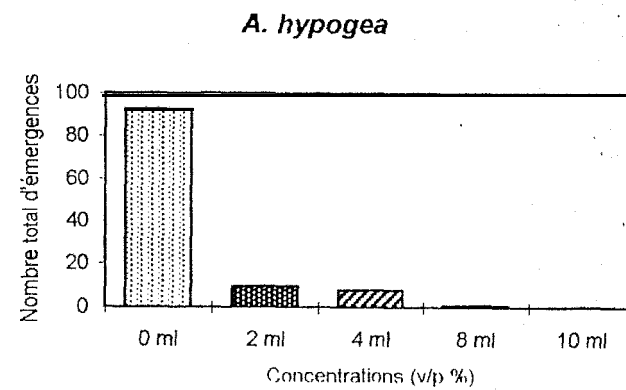
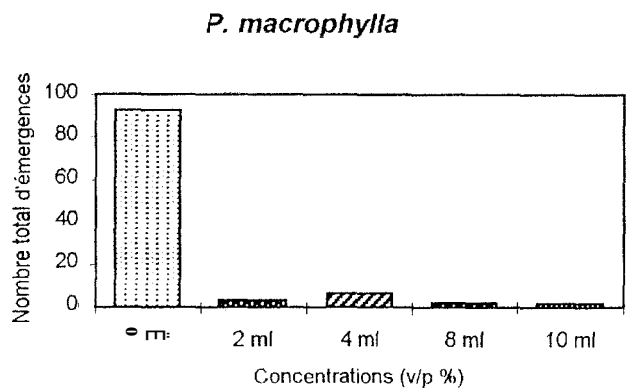
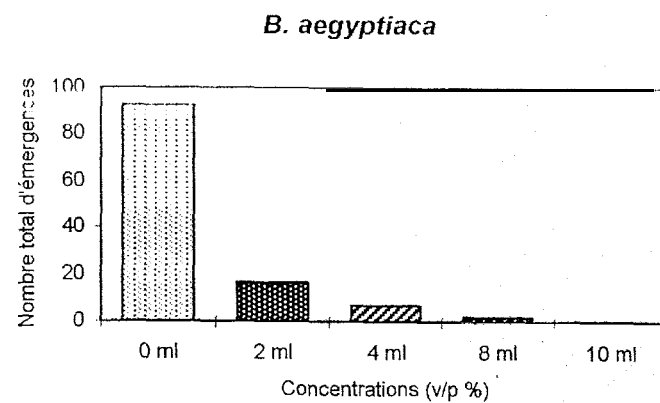
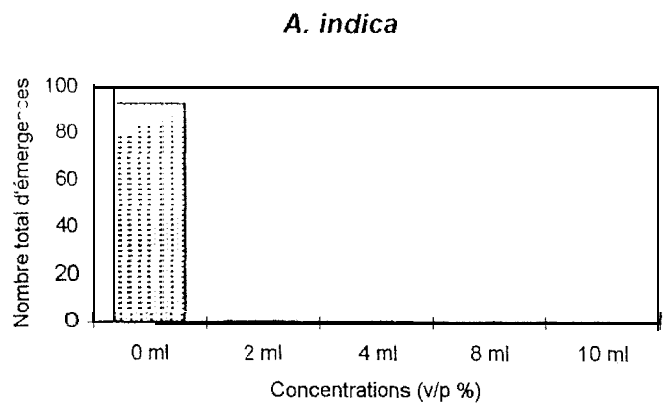


figure 18 : Effet de 4 huiles végétales sur la population de la descendance F_1 de *C. maculatus*

L'observation du rythme des émergences de la descendance F1 confirme la plus grande efficacité de *A. Indica*. En effet, l'évolution des courbes de la figure 19 montre que "l'effet huile" tend à retarder les émergences. En effet, on constate que le pic des émergences des objet traités se retrouve décalé de 4 jours par rapport à celui des émergences du témoin.

A noter que dans les conditions du laboratoire qui abrite les expérimentations, le début des émergences est généralement observée 19 à 20 jours après l'infestation des denrées traitées.

*** Toxicité de contact des huiles sur les adultes de *C. serratus*** : Après 24 h d'exposition. l'effet adulticide des huiles est peu à faiblement significatif puisque l'huile de *A. indica* qui se révèle la plus efficace ne provoque que 36 % de mortalité à la concentration maximale de 10 ml/kg. Cette mortalité s'élève à 96 % après une durée d'exposition de 72 h (figure 20).

L'analyse des données obtenues n'a pas révélé une différence significative entre les trois autres huiles (test de Newman et Keuls au seuil de 5 %) (tableau 15).

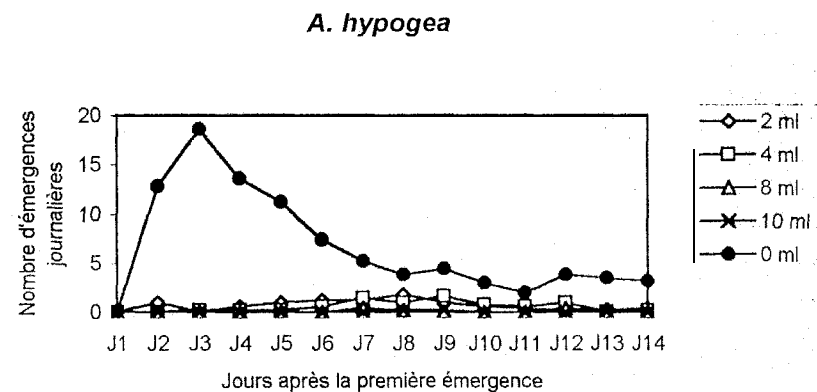
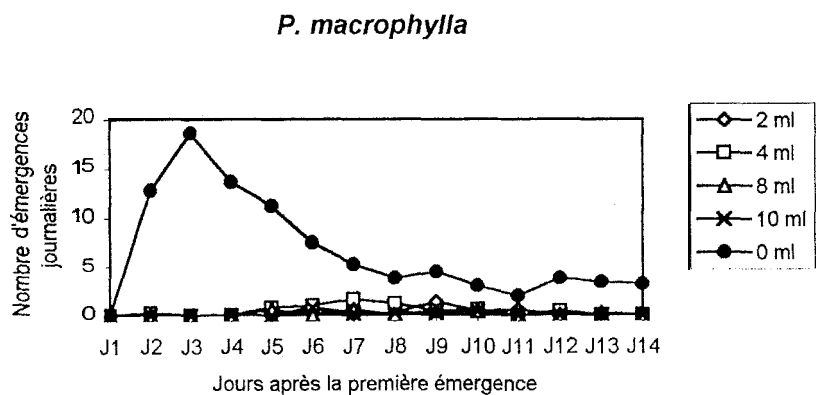
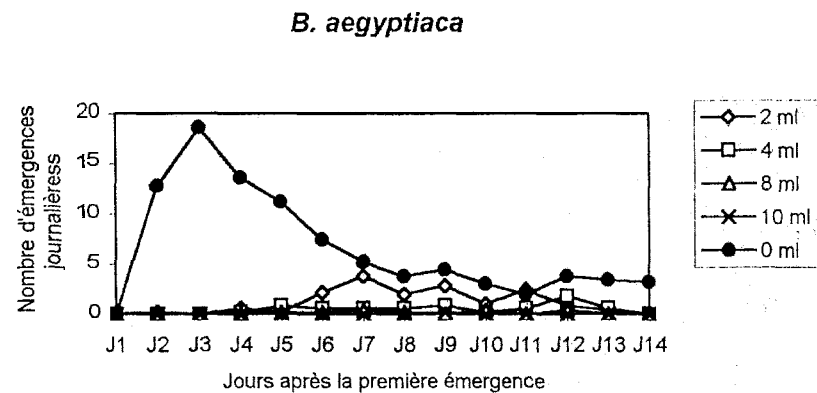
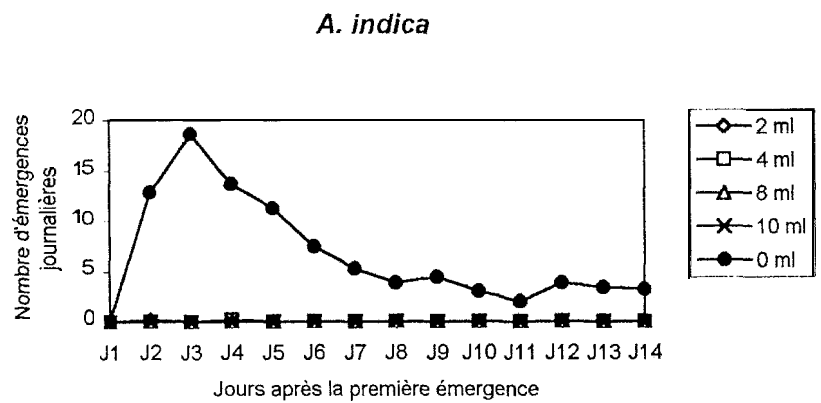


figure 19 : Effet de 4 huiles végétales sur le rythme des émergences (F_1) de *C. maculatus*

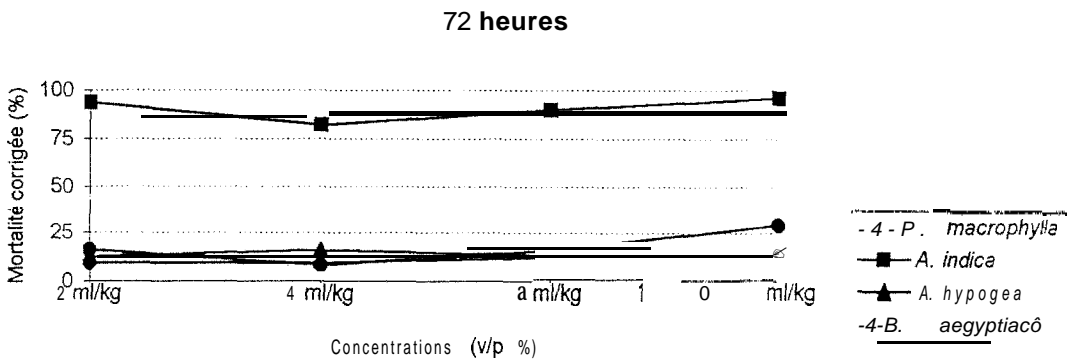
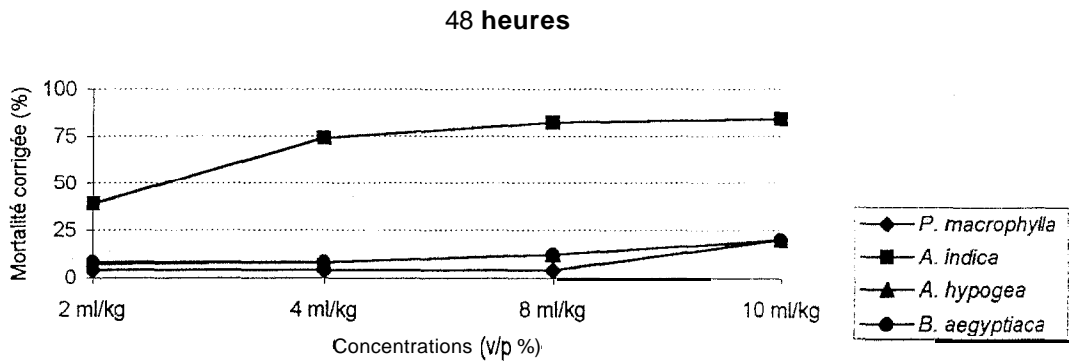
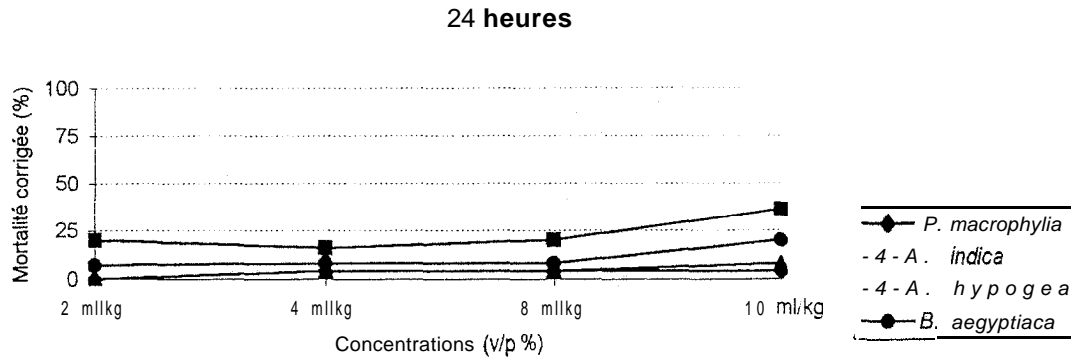


figure 20 : Evolution de la toxicité de 4 huiles végétales sur les adultes de *C. serratus*

Tableau 15 : Toxicité de 4 huiles sur les adultes de *Caryedon serratus*

Huiles	Concentrations d'huile (ml/kg)	% Mortalité Corrigée après		
		24 H	48H	72 H
<i>P. macrophylla</i>	2	0,0	4	9
	4	4	4	9
	8	4	4	12
	10	4	20	16
<i>A. indica</i>	2	20	39	93.75
	4	16	74	82
	8	20	82	90
	10	36	84	96
<i>A. hypogea</i>	2	0,0	4	12
	4	4	8	16
	8	4	12	13
	10	8	20	16
<i>B. aegyptiaca</i>	2	4	8	16
	4	8	8	8
	8	8	12	16
	10	20	20	29

2.2. Discussions

Activité biologique de la poudre des graines de *P. erosus : Le traitement utilisant la poudre des graines de *P. erosus* s'est révélé être très actif sur la mortalité imaginale des 2 bruches étudiées, à savoir *C. maculatus* et *C. serratus*.

Une différence d'activité biologique a été constaté pour les 2 variétés. En effet EC 503 qui semble être plus active que EC 219 sur la mortalité adulte de *C. maculatus* devient moins efficace quand elle est appliquée aux adultes de *C. serratus*. On pourrait expliquer ce phénomène par une très grande sensibilité spécifique de *C. maculatus* à l'un des principes actifs de la poudre des graines de *P. erosus*.

Une étude chimique d'analyse et de dosage des teneurs en principes actifs de ces variétés pourrait apporter des éléments de réponse à cette hypothèse d'autant plus que les graines

utilisées pour ces tests ont été conservées depuis 5 ans. Il serait ainsi **intéressant** d'étudier la durée de conservation des graines sur la teneur en principes actifs et l'activité biologique des échantillons.

Malgré une importante activité biologique sur les adultes de *C. maculatus* (grande efficacité à des doses faibles que 0,025), on a noté l'apparition d'une faible d'adulte F1

Il serait intéressant de faire une évaluation de l'action ovicide et larvicide du produit testé, son effet sur l'oviposition et la détermination du temps de latence au-delà duquel l'insecte devient agonisant.

En attendant de mener ce travail, il apparaît clairement que la poudre des graines de *P. erosus* permet un bon contrôle de la bruche du niébé pour les 2 variétés.

***Activité biologique des huiles végétales** : au vu de ces résultats obtenus, il apparaît que *C. maculatus* s'avère être beaucoup plus sensible avec une mortalité observée plus élevée dans les mêmes conditions expérimentales

Néanmoins, toutes les huiles testées permettent un bon contrôle des bruches du niébé et de l'arachide. Ce contrôle s'explique par un effet physique (Don Pedro, 1985). suite à la réalisation d'un film continu qui asphyxie les oeufs et un effet chimique des pores respiratoires. La plus grande toxicité de *A. indica* comparée aux 3 autres huiles pourrait être imputable à l'action de l'Azadirachtine dont les propriétés insecticides ont été largement rapportées dans la littérature.

Le décalage du pic des émergences suite au traitement pourrait s'expliquer par la plus grande difficulté des larves à sortir de leurs œufs à pénétrer dans la graine. L'enrobage des denrées forme en fait un film continu qui pourrait avoir un effet dissuasif sur l'oviposition ou rendre difficile le cheminement et la pénétration des larves néonates (Anonyme, 1993).

L'inhibition totale des émergences par l'huile de *A. indica* aux différentes doses testées laisse penser à une action régulatrice de l'oviposition ou un effet de dissuasion qui découragerait les femelles (Kandji, 1996)

La forte réduction des émergences de l'huile de *P. macrophylla* aux différentes doses pourrait s'expliquer- par sa forte teneur en huile siccative qui est de l'ordre de 62,4 % (Kerharo et Adam, 1974). La pénétration de l'huile à travers le chorion pourrait entraîner une

fragmentation de celui-ci suite à une dessiccation importante et l'avortement des œufs ou même provoquer une action létale sur les larves néonates.

La différence de toxicité des huiles peut également s'expliquer par la différence des teneurs en acides gras saturés qui, par une action lipophile migrent à l'intérieur de la graine et à l'intérieur de l'œuf. La larve meurt par asphyxie à l'intérieur de l'œuf en contact avec l'huile (Hall et Harman, 1991).

La comparaison du comportement des deux espèces d'insectes montre que *C. maculatus* est beaucoup plus sensible aux huiles que *C. serratus*. Le test des huiles sur les adultes de *C. serratus* devrait être repris à des doses plus élevées (5ml/kg, 10ml/kg, 15ml/kg et 20ml/kg) pour mieux situer la DL50 à 24 h (doses létales qui tuent 50 % des adultes de la bruche). Une étude antérieure situe cette dose à 11 ml/kg au bout de 24 h donc légèrement supérieure à la dose la plus élevée utilisée dans ces tests (Kandji, 1996).

***Le pouvoir insecticide du *Boscia senegalensis* par fumigation :** l'observation **tableau 16** montre que le pourcentage de mortalité corrigée de *B. senegalensis* varie de 33,60 % à la dose de 0,26 g/l et atteint le maximum de 100% dès la dose de 0,66 g/l. Par contre *C. serratus*, l'activité biologique atteint une activité biologique maximale de 100 % partir de la dose de 1,33 g/l. Ces résultats montrent la plus grande sensibilité du *B. senegalensis* sur les adultes de *C. maculatus* (**figure 21**)

Tableau 16 : Effet fumigant de *B. senegalensis* sur la mortalité des adultes de *C. maculatus* et *C. serratus*

Concentration (g/l)	% mortalité corrigée	
	<i>C. maculatus</i>	<i>C. serratus</i>
0,26	19	12,1
0,67	100	74,4
1,33	100	100
2,67	100	100

Boscia angustifolia testé dans les mêmes conditions présente une très faible activité biologique qui pourrait s'expliquer soit par une moindre teneur en substance active par rapport à

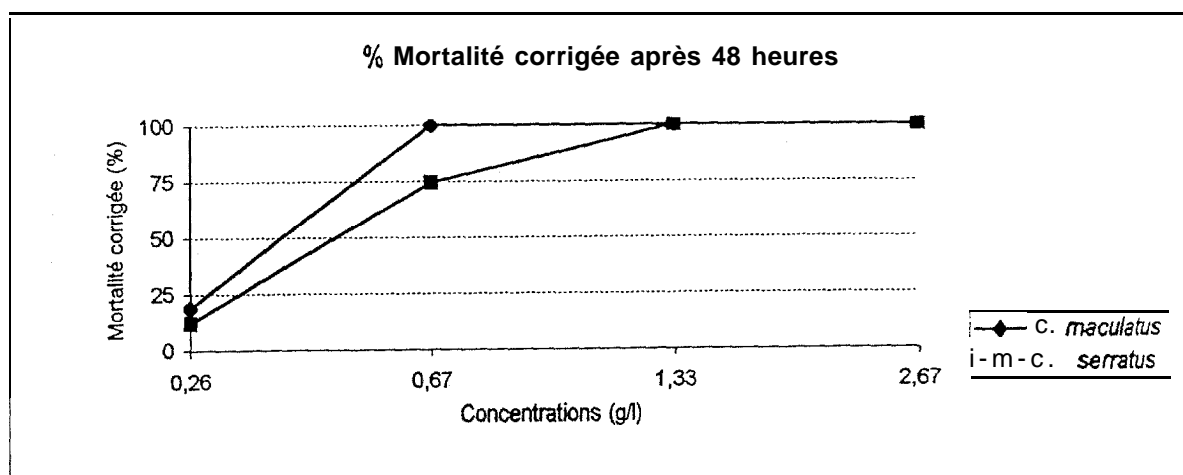


figure 21 : Effets fumigants comparés de *Boscia senegalensis* sur les adultes de *C. maculatus* et *C. serratus*

B. senegalensis, soit au stade phénologique ou à la teneur en eau du matériel végétal. Ces hypothèses devront être confirmées dans des études ultérieures.

**CONCLUSION GENERALE ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce travail nous a permis d'évaluer l'activité biologique de la poudre des graines de *P. erosus*, l'activité biologique des huiles végétales et celles de deux espèces de *Boscia* (*B. senegalensis* et *B. angustifolia*)

La poudre des graines de *P. erosus* (variétés de EC 503, EC 219, EC X et EC 041) présente une mortalité maximale après 24 h d'exposition de *C. maculatus* à la dose 0.35 %. EC 503 et EC 219 testées à des doses plus faibles. présentent une efficacité similaire (mortalité totale à la dose de 0,05%). Ces résultats sont confirmés par une réduction significative des émergences de la population F1 de plus de 90 % par rapport au témoin, Il serait intéressant de mener ultérieurement une étude sur la persistance d'action des principes actifs des graines de *P. erosus* pour mieux évaluer l'effet de la plante sur la mortalité de la descendance dans les 24 h qui suivent leur émergence.

La poudre des graines de *P. erosus* a donné également des résultats très intéressants sur les adultes de *C. serratus*. A la dose de 0,5%, on observe une mortalité maximale pour EC 219 tandis que pour EC 503, la mortalité maximale est obtenue à la dose de 2% dans un délai de 24 h..

En dehors du rôle important que *P. erosus* peut jouer dans les objectifs de diversification de la production alimentaire, cette plante présente des perspectives très intéressantes pour la protection des semences de niébé et d'arachide. En effet, les tests de germination des graines traitées révèlent l'absence d'un effet négatif sur la capacité germinative des semences.

L'étude de l'activité biologique des 4 huiles végétales a permis d'obtenir un contrôle très satisfaisant des dégâts de *C. maculatus* sur niébé et *C. serratus* sur arachide Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs rapportant l'efficacité des huiles pour la protection des denrées stockées. Dans notre étude, l'huile de *A. indica* s'avère la plus efficace par rapport à l'huile de *B. aegyptiaca*, de *P. macrophylla* et de *A. hypogea* prise comme référence. Cette efficacité des huiles se traduit d'abord par une toxicité sur les adultes surtout avec l'huile de *A. indica* qui donne une mortalité imaginaire totale à partir de la concentration de 2 ml/kg Elle se traduit aussi par une réduction significative voire une inhibition totale de la descendance d'une nouvelle génération.

L'étude de l'effet fumigant des feuilles de 2 espèces de *Boscia*, à savoir *B. angustifolia* et *B. senegalensis* a permis de confirmer la toxicité de cette dernière sur les bruches du niébé et de l'arachide. Par contre, *B. angustifolia* testé dans les mêmes conditions n'a eu aucune efficacité sur les bruches

En ce qui concerne les perspectives de recherche, elles portent à la fois sur l'étude phytochimique pour le dosage des principes actifs, l'étude de l'activité biologique des plantes étudiées en fonction du stade phénologique, des lieux de récolte et des organes et enfin l'étude sur la persistance d'action des principes actifs des graines de *P. erosus* pour mieux évaluer leur effet sur la mortalité de la descendance 24 h après émergence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Appert J., 1957 : La bruche de l'arachide. Annales du Centre de Recherche Agronomiques de Bambey. N° 13.
- Appert J., 1985 : Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed. Maisonneuve et Larose Paris, 113 p.
- Alzouma I., 1994 : Progrès récents enregistrés sur la connaissance et le contrôle des coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel Séminaire sur la Lutte Intégrée au Sahel du 03 au 09 Avril 1994. Dakar (Sénégal)
- Alzouma I., 1995 : Connaissance et contrôle des *coleoptères Bruchidae* ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel. Sahel Integrated Pest Management (I.P.M)/Gestion Phytosanitaire Intégrée. Revue Institut CILSS du Sahel. N° 1 Févr. 1995, pp. 2-16.
- Alzouma I., BOUBACAR A., 1985 : Effets des feuilles vertes de *Boscia senegalensis* (Capparaceae) sur la biologie de *Bruchidius atrolineatus* et *Callosobuchus maculatus* (Coléoptères, bruchidae) ravageurs des graines du niébé (*Vigna unguiculata* (Walp.)). In : Les légumineuses alimentaires en Afrique. Colloque de Niamey. AUPELF Ed., pp. 288-295.
- Balachowsky A.S., 1951 : La lutte contre les insectes. Ed. Payot. PARIS, pp. 75-78.
- Balachowsky A.S., 1962 : Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1 : Coléoptères. premier volume. Ed. Mason et Cie, Paris.
- Bridwell J.C., 1929 : the Cowpea Bruchid (Coleoptera) under another name or plea for one kind of entomological specialist Pt-oc. Ento Soc. Wash. (3 1). pp. 39-44.
- Cancela Da Fonseca J. P., 1964 : Oviposition and Length of adulte life in *Caryedon gonagra* F (Coleoptera bruchidae). Bull. of Entom. Research. 55 (4), pp. 698-707.

- Caswell G. H., 1973 : The impact of infection on commodities Stored Prod. Inf. 25. 19
- Cilss, 1991 : Sahel Integrated Pest Management (IPM) N°1. Février 1995
- Cilss/Institut du Sahel : Sahel Integrated Pest Management (SAHEL IPM). Bulletin bimestriel de l'Institut du Sahel. N° 13, Février 1997.
- Coulibaly A. P., 1993 : Caractérisation chimique de plantes tropicales. Etude de leur activité biologique sur les insectes des denrées stockées. Mémoire Ingénieur chimiste et des Industries Agricoles. Fac. Scien. Agro. de GEMBLOUX. Belgique. 88 p.
- Daniel S.H., Smith R.H., 1990 : The repellent effect of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) oil and its residual efficacy against *Callosobruchus maculatus* (coleoptera Bruchidae) on Cowpea, Proceeding 5th International Working Conference on stored. Product protection. Ed. Fleurat-Lessard et P. Ducom, September 9-14. Bordeaux 3, pp. 1589-1597.
- Davey P.M. 1958 : The groundnut bruchid, *Caryedon gonagra* (F.). Bull. of the Entomological Research. N°49.
- De Luca Y., 1979 : Ingrédients naturels de préservations des graines stockées dans les pays en voie de développement. Journées d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée, 26 (1), pp. 29-52.
- Decelle J., 1966 : *Bruchus serratus* OL. (1790), espèce type du genre *Caryedon* Schomherr 1823. Rev. Zool. Bot. Appl., pp. 169-173.
- Decelle J. 1981 : Bruchidae related to grain legumes in the afro-tropical area, In : The ecology of Bruchids attacking legumes, Labeyrie Edit., The Hague, W. Jank, . pp. 193-197.
- Delobel A., 1989 : Influence des gousses d'arachide (*Arachis hypogea*) et de l'alimentation imaginaire sur l'ovogenèse, l'accouplement et la ponte chez la bruche *Caryedon serratus* OL. Kluwer Academic Publishers. Entom. exp. appl. 52 pp. 281-289.
- Delobel A. et Tran M., 1993 : Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, ORSTOM/CTA. Paris.

- Diallo, A. O. 1988 : Etude de la biologie de *Caryedon serratus* OL. (Coléoptère bruchidae) dans la nature sur ses plantes hôtes naturelles : Contribution à l'étude écologique de la contamination dans la nature. Mémoire de fin d'Etudes INDR/Thiès. 69 p.
- Diouf O., 1993 : *Pachyrhizus rich.* Ex de Candolle, légumineuse tubérisifère à haute potentialité alimentaire et économique : Premiers résultats sur l'adaptation à la sécheresse. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies. Université Cheikh Xnta DIOP. Dakar. 65 p.
- Djibo, K., Samate, D. A., Konda-Bonafos, M., NACRO M., 1996 : Sahel IPM, September 1996 (12), pp.. 13-20
- Dramé A., 1996. Protection des cultures et des denrées stockées. Notes de cours 4ème année ENSA.
- FAO, 1995 : Comment la Communauté internationale peut promouvoir la sécurité alimentaire Rome. 49 p.
- FAO - Oil World, 1995 : Productions mondiales arachides
- Faye MB. D., 1996 : Rapport d'activité. ISRA-CNRA de Bambey
- Gabdakoye B. B., 1996 : Les ressources naturelles d'origine végétale au Niger. Les possibilités de leurs valorisations sous forme de biopesticides. Rapport de synthèse du séminaire-atelier DFPV-GTZ, NIAMEY. 28 Oct-08 Nov. 1996.
- Gillier P., Silvestre P., 1969 : L'arachide. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. 287 p.
- Guèye M. 1994 : Approche modélisée pour l'évaluation de la campagne arachidière dans le bassin arachidier : le modèle ARABHY. Mémoire de fin d'Etudes, ENSA, THIES. 40 p.
- Icraf, 1995 : Le fruit de notre labeur. NAIROBI, 1995.

- Kandji S. T., 1996 : Optimisation de l'utilisation du neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) dans la protection des stocks de semences de trois légumineuses forestières contre trois espèces de bruches du genre *Caryedon* (coléoptères *Bruchidae*). Mémoire de fin d'Etudes. ENSA, Thiès. 62 p.
- Kerharo J. ; Adam J.G., 1974 : La Pharmacopée Sénégalaise Traditionnelle. Edition Vigot Frères. Paris, 19 11 p.
- Kumar R., 1991 : La lutte contre les insectes ravageurs. Ed. Karthala, Paris, 293 p
- Larson A. O., 1924 : The effect of Weevity Seed beans upon the bean crop an upon the dissemination of weeoils *Bruchus obtectus* SAY an *B. quadrimaculatus* FAB. J.EC.ENT. In BALACHOWSKY, A. S., 1962 : traité d'entomologie Appliquée à l'Agriculture : Coléoptères. Tome 1. 1. Paris Masson et Cie Editions. 17 (5), pp. 338-548.
- Labrava E.M. 1970 : Insectes nuisibles des cultures tropicales. Ed. hfaisonneuve et Larose Paris, 271 p.
- Leroi B., Pichard B., Bonet A., Montes J., 1990 : Les stocks familiaux de haricots au Mexique et la lutte contre les bruches. In Proceeding 5th International Working Conference on Stored Product Protection. ED. Fleur - Lessard et P. Ducom. September 9-14. Bordeaux. (3), pp. 1639- 1647.
- Lhoste J., 1979 : Des insectes et des hommes. Ed. Fayard
- Lienard V. et Seck D., 1994 : Revue des méthodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* (F.) (*Coleoptera* : *Bruchidae*), ravageur des graines de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) en Afrique Tropicale, Insect Sci. Applic. 5 (3), pp. 301-3 11.
- Matakot L., Mapangon Divassa S., Delobel A., 1987 : Evaluation des populations de *Caryedon serratus* OL. (Coléoptères : *Bruchidae*) dans les stocks d'arachides au Congo. l'Agronomie Tropicale, 1987. 42 (1) : pp. 69-74.
- Multon, 1982 : Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés Technique et Documentation Lavoisier. PARIS.

- Ndiaye A. : 1981 : Biologie de la bruche de l'arachide (*Caryedon serratus* OL. ; Effets des rayons X sur la femelle. Thèse de 3ème cycle Univ. Paris Sud Centre ORSAY N° 2971, 135 p.
- Ndiaye O., 1991 : Revalorisation de méthodes traditionnelles de protection des graines de légumineuses récoltées contre les Coléoptères Bruchidae ravageurs des stocks Mémoire de fin d'Etudes, ENSA, Thiès. 62 p.
- Ouedraogo A. P., Mongue J., P. et Huingnard J., 1991 : Importance of temperature and seed water content on the induction of imaginal polymorphism in *Callosobruchus maculatus* FAB. (Coleoptera : bruchidae). Entomol. Exp. Appl. (00) : 1-8.
- Pattee E.H., Stalker H., 1995 : Advances in Peanut Science. American Peanut Research and Education Society. USA.. 614 p.
- Pointe J. G. Yaciuk, G. 1979 : Infestation par *Caryedon gonagra* F. (Coleoptera : Bruchidae) des stocks expérimentaux d'arachide en coque au Sénégal et température; observées. Zeitsch. für angew. Zoologie, 66 Jahrgang Zweites Heft : pp. 185-198.
- Pollet A., 1982 : Les insectes ravageurs des légumineuses à gaines cultivées en Côte d'Ivoire (soja, niébé, arachide). Premiers éléments de caractérisation pour les régions centrales. Doc. ronéo ORSTOM. Bouaké. S3 p.
- Robert P.H., 1984 : Contribution à l'étude écologique de la bruche de l'arachide *Caryedon serratus* OL. (Coléoptère bruchidae) sur ses différentes plantes hôtes. Thèse de docteur en Sciences naturelles. Univ. Rabelais de Faun, France, 122 p.
- Robert P.H., 1995 : La bruche de l'arachide. Histoire peu naturelle d'une rencontre entre un insecte africain et une plante sud-américaine. PHYTOMA. La défense des végétaux (463).
- Roussel J. 1995 : Pépinières et plantations forestières en Afrique Tropicale Sèches. ISRA/CIRAD, Dakar, 435 p

- Saley K., 1996 : Etude de la maturation du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) et effets de l'infestation par *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae) sur la qualité des semences. Mémoire de fin d'études. ENCR/Bambey.
- Schilling R. et al. 1996. : L'arachide en Afrique Tropicale., Editions Maisonneuve et Larose Paris (France).
- Schumutterer H., 1990 : Properties and potential of natural pesticides from the neem tree. *Azadirachta indica*. Ann. Rev. Ent., (35), pp. 271-297.
- Seck D., 1992 : Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, mil et niébé en milieu paysan Proceedings, deuxième séminaire sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. Bamako (Mali), 2-4 Janvier 1990, pp. 328-355
- Seck D., Gaspar CH., 1992 : Efficacité du stockage du niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) en fûts métalliques hermétiques comme méthode alternative de contrôle de *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptères bruchidae) en Afrique Sahélienne Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 57/3a., pp. 751-757.
- Seck D., Lognay G., Haubruge E., Wathelet J. -P., Marlier M., Gaspar- C., Severin M (1993) : Biological activity of the shrub *Boscia senegalensis* Pers. (Lam) es Poir on stored-grain insects. Journal of Chemical Ecology 19 (2) pp. 377-390.
- Seck D., 1994 : Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. 192 p., 65 tabl., 3 fig.
- Singh S.R. Singh. B.B., Jackai L., Ntare B. R. 1983 : Cowpea Research at IITA Inf (14). 20 p.
- Singh B. B., hlohan Raj D.R., Dashiell K. E., Jackai L.E.N., 1997 : Advances in Cowpea International Institute of Tropical Agricultural Sciences, Nigeria 375 p.

- Sogbenon H., 1990 : Effet insecticide des graines de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban sur le niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Mémoire de fin d'études. Univ. Nat. du Bénin
- Sorensen M., 1988 : Taxonomie revision of the genus *Pachyrhizus* (Fabaceae Phasaolene).
- Sorensen hl., Grum M., Paull R.E., Vaillant V., Venth-Dumaine and Zinson, C. 1992 : Yam bean (*Pachyrhizus* species). The Yam bean project : final scientific report contract. n°TS2-A-73-DK. 1st January 1989-31st December 1992.
- Stoll G., 1988 : protection naturelle des végétaux en zones tropicales. Ed. Josef Margraf, RFA/CTA AGRECOL. 180 p.
- Southgate E B. J., 1979 : Biology of the bruchidae. Ann. Rev. Entomol. (24). pp. 449-473.
- Taylor T.A., 1974 : Observations of the effects of initial population densities in cultures and humidity on the production of active female of *C. maculatus* F.J. Stored Prod. Res. (10)., pp 113-122.
- Zehrer W., 1980 : méthodes traditionnelles de lutte contre les insectes dans le cadre de la protection des stocks. Problèmes de post-récolte (113). Documentation sur un séminaire OVA/GTA, pp. 92- 118.
- Zehrer W.. 1984 : The effect of traditional preservation used in Northern Togo and neem oil for control of storage pests. pp. 453-460.

ANNEXES

ANNEXE 1

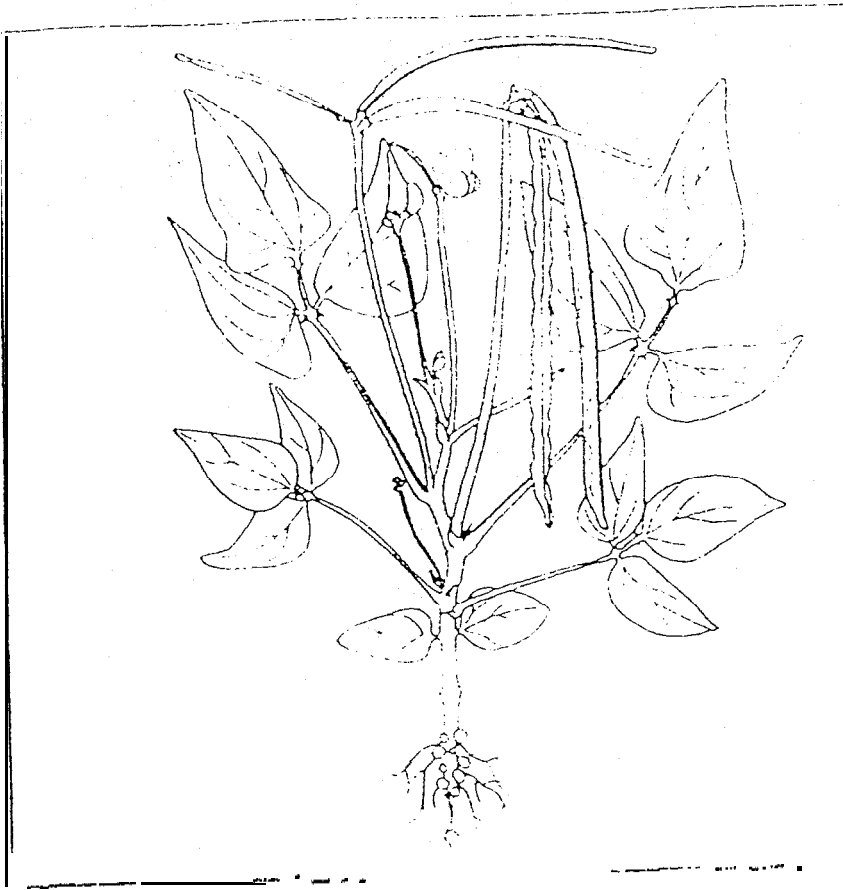


Figure 1 : Niébé (*Vigna unguiculata*)

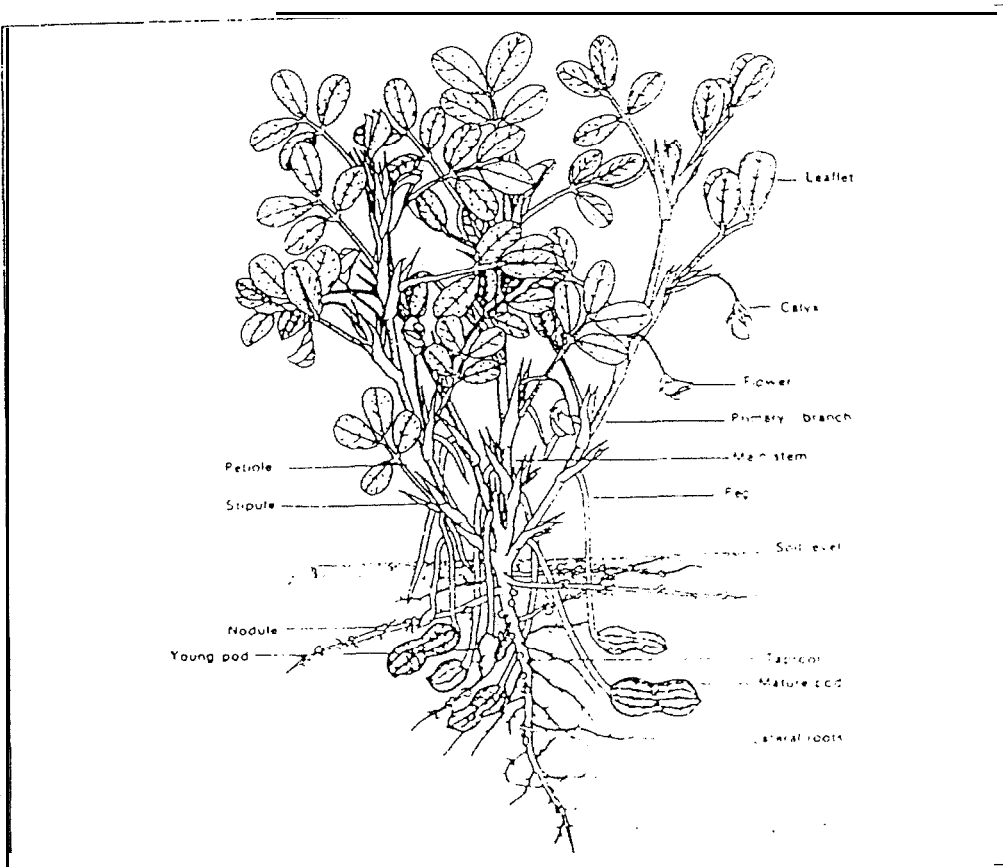


Figure 2 : Arachide (*Arachis hypogaea*)

ANNEXE II

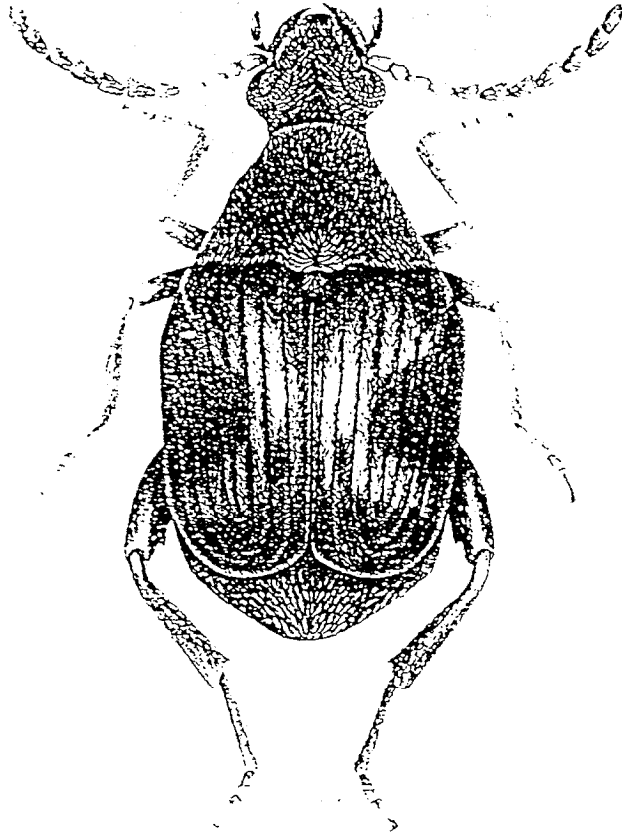


Figure 4 : La brûche du niébé (*C. maculatus*)

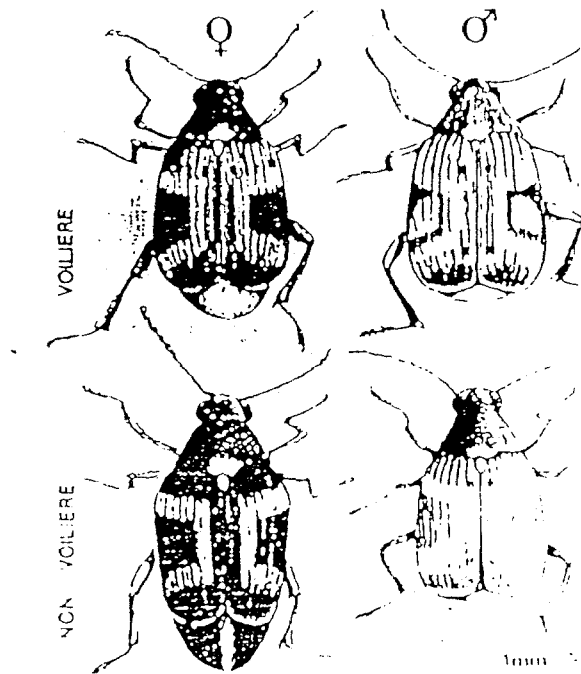


Figure 5 : Les deux types de *C. maculatus* : Forme non voilière et forme voilière

ANNEXE III

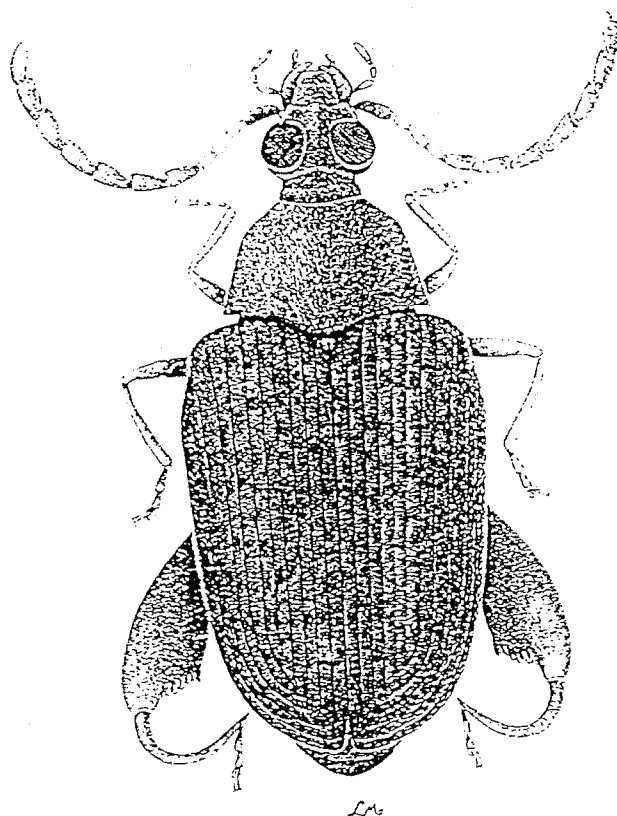


Figure 7₀ : Brûche de l'arachide (*C. serratus*)

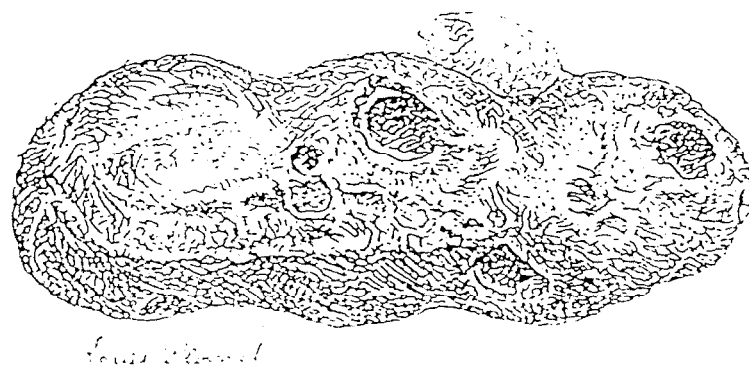


Figure 7₁ : Gousse d'arachide attaquée par *C. serratus*



ANNEXEV

Traitement : *Pachyrhizus erosus* variété :
Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

EC 219

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.25%	1	2.2	4.6	2	1.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5%	1	3.6	3.8	1.6	2.0	a.2	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1%	0.4	3.0	5.6	2.8	0.6	0.6	0.2	0.4	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
2%	0.4	0.8	2.4	2.6	0.6	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	6.0
0%	5.8	23.4	43.6	42.4	37.4	31.2	9.8	8.4	6.6	6.6	3.8	4.4	5.8	3.6

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.25%	0.50%	1%	2%
Emergences	231	11.4	13.4	14.0	7.4

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 219

Provenance : THIAGO

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
1%	4.8	3	0.8	0	0.2	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0	0	0	0
2%	1.2	4.6	1.8	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
4%	1.8	3.4	2.2	1.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8%	4.6	3.2	1.4	0.6	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0%	4.4	16.4	23.0	26.13	24.0	25.6	13.2	9.8	4.6	5.0	5.0	5.4	2.0	2.4

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	1%	2%	4%	8%
Emergences	167.6	10.0	9.0	8.8	10.4

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 041

Provenance : CDH

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.25%	0	3.2	4.2	2.6	2	0.6	0	0.2	0.2	0	0.2	0	0	0.2
0.5%	0.2	3.6	4.8	2.6	1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1%	0.0	1.6	4.4	2.2	0.8	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.2	0.2	0.0
2%	0.2	1.4	3.4	2.6	1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
0%	2.4	4.2	33.6	31.8	34.2	13.2	8.8	5.8	7.6	6.8	4.4	3.2	1.8	0.4

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.25%	0.50%	1%	2%
Emergences	158.2	13.4	13.2	10.2	9.8

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 041

Provenance : CDH

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
1%	0.2	5	1.4	3	1.8	0.6	0	0.2	0	0	0	0	0	a
2%	0.6	2.0	1.6	2.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
4%	0.2	1	0.6	1.2	1.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
8%	0.0	2.6	1.4	1.4	0.2	0.6	0.2	0.2	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0
0%	4.4	16.4	23.0	26.8	24.0	25.6	13.2	9.8	4.6	5.0	5.0	5.4	2.0	2.4

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	1%	2%	4%	8%
Emergences	167.6	12.2	7.2	5.2	7.2

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété :
 Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

ECX

Provenance : THIES

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.25%	0.0	0.0	1.2	3.2	1.6	0.6	0.4	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5%	0.4	0.0	0.8	A R	6.2	10	1.2	0.2	0.8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
1%	0.0	0.0	0.6	1.8	3.0	2.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2%	0.0	0.0	1.8	4.8	4.6	0.4	1.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0%	0.2	22.4	17.0	38.2	48.4	20.0	16.8	12.4	a.2	6.2	7.8	11.8	8.0	4.6

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 %	0.25%	0.50%	1 %	2 %
Emergences	222.0	7.8	15.8	8.0	13.2

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : ECX

Provenance : THIES

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
1%	0.2	1.8	0.6	0.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2%	0.0	1.2	2.8	1.4	1.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4%	0.0	2.8	1.6	3.0	0.2	1.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8%	0.0	1.0	2.4	0.6	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
0%	4.4	16.4	23.0	26.8	24.0	28.8	13.2	9.8	4.6	5.0	5.0	5.4	2.0	2.4

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 %	1 %	2 %	4 %	8 %
Emergences	170.8	4.4	8.0	9.4	6.0

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 503

Provenance : CDH

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.25%	0	3.8	7.4	5.6	2	1.4	0.2	0.2	0.6	0.8	0.8	0	0.2	0
0.5%	0.2	3.0	5.2	5.2	2.2	1.0	0.6	0.2	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0
1%	0.2	1.8	4.2	2.6	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0
2%	0.0	2.6	4.4	1.4	1.2	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0%	1.2	10.2	29.2	32.6	15.6	19.8	10.6	9.4	9.0	9.8	9.6	a.2	4.8	3.4

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.25%	0.50%	1%	2%
Emergences	173.4	23.0	18.2	10.2	10.4

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 503

Provenance : CDH

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
1%	0.8	3	1.4	0.6	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
2%	1.2	2.2	1.6	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4%	2.2	3.4	1.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8%	1.6	1.2	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
0%	4.4	16.4	23.0	26.8	24.0	25.6	13.2	9.8	4.6	5.0	5.0	5.4	2.0	2.4

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 %	1 %	2 %	4 %	8 %
Emergences	167.6	6.2	6.0	8.0	3.8

Traitement : *Pachyrhizus erosus*
 Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.025%	0.6	0.0	0.0	2.8	8.4	2.4	0.0	0.2	0.6	0.0	0.4	0.0	0.2	0.2
0.050%	0.8	0.0	0.6	2.6	4.6	4.4	0.4	0.6	0.0	0.2	0.2	0.0	0.4	0.0
0.10%	1.8	0.0	0.4	5.2	8.2	1.2	0.6	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6	0.0
0.25%	2.2	0.0	0.0	2.0	2.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2
0.50%	0.6	0.0	0.0	1.6	2.6	0.4	0.0	0.6	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0
1%	0.6	0.0	0.0	0.6	3.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
0%	0.4	1.0	6.8	25.0	41.0	23.8	20.4	10.4	9.2	9.8	8.4	8.2	6.2	4.2

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.025%	0.05%	0.10%	0.25%	0.50%	1%
Emergences	176.8	15.8	14.8	18.8	8.4	6.8	6.8

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 503 Provenance : THIAGO

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.0025%	0.0	0.8	4.6	10.2	11.8	16.8	17.4	14.6	5.6	4.2	3.0	2.0	3.2	0.6
0.005%	0.0	2.2	6.6	5.8	9.0	7.0	4.6	1.6	1.0	1.2	0.6	1.0	0.0	0.4
0.010%	0.2	0.4	5.4	6.6	4.2	2.8	1.8	2.4	1.6	0.6	0.0	0.0	0.6	0.4
0.025%	0.2	0.0	2.0	1.2	1.2	0.2	0.6	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0.050%	0.0	0.0	1.8	1.4	1.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10%	0.0	0.4	2.0	1.8	1.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0%	0.4	1.4	17.8	26.6	26.0	17.2	11.8	9.4	4.6	4.4	2.4	3.0	2.6	1.6

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.0025%	0.005%	0.010%	0.025%	0.050%	0.10%
Emergences	129.2	94.8	41.0	27.0	6.4	5.2	6

Traitement : *Pachyrhizus erosus* Variété : EC 219 Provenance : THIAGO

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.025%	0.4	0.2	0.8	3.2	2.4	1.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
0.05%	0.6	0.0	0.8	5.0	1.4	0.6	0.4	0.2	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2	0.0
0.10%	0.2	0.0	1.8	2.4	2.2	1.4	1.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0
0.25%	0.8	0.0	0.8	4.8	2.6	1.6	0.8	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2	0.0	0.2
0.50%	0.6	0.2	0.6	1.8	2.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2
1%	0.6	0.2	0.0	1.2	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
0%	0.6	2.8	5.0	10.4	13.6	8.0	6.0	3.6	2.8	2.6	1.8	1.0	0.8	1.2

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.025%	0.05%	0.10%	0.25%	0.50%	1%
Emergences	60.2	9.6	10.0	10.4	13.0	7.2	5

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
2 ml	0	1	0	0,6	1	1,2	1,2	1,8	1	0,6	0,4	0,2	0,2	0,4
4 ml	0	0	0,2	0,2	0,2	0,6	1,4	1	1,6	0,8	0,6	1	0	0,2
8 ml	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0	0	0	0,4	0	0
10 ml	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0
0 ml	0	12,8	18,6	13,6	11,2	7,4	5,2	3,8	4,4	3	2	3,8	3,4	3,2

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 ml	2 ml	4 ml	8 ml	10 ml
Emergences	92,4	9,6	7,8	1	0,4

Traitement : P. macrophylla

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
2 ml	0	0	0	0	0	0,6	0,2	0,2	1,8	0,4	0,6	0	0	0
4 ml	0	0,2	0	0	0,8	1	1,6	1,2	0,4	0,6	0	0,4	0	0
8 ml	0	0	0	0	0,6	0	0,6	0	0,4	0,4	0	0	0,2	0
10 ml	0	0	0	0	0	0,8	0,2	0,2	0,2	0,4	0	0	0	0
0 ml	0	12,8	18,6	13,6	11,2	7,4	5,2	3,8	4,4	3	2	3,8	3,4	3,2

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 ml	2 ml	4 ml	8 ml	10 ml
Emergences	92,4	3,4	6,2	2,2	1,8

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
2 ml	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 ml	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 ml	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 ml	0	12,8	18,6	13,6	11,2	7,4	5,2	3,8	4,4	3	2	3,8	3,4	3,2

total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 ml	2 ml	4 ml	8 ml	10 ml
Emergences	92,4	0,2	0,2	0	0

Traitement : *B. aegyptiaca*

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
2 ml	0	0,2	0	0,6	0,2	2,2	3,8	2	2,8	1	2,4	0,8	0,4	0
4 ml	0	0	0	0,2	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,2	0,6	1,8	0,6	0
8 ml	0	0	0	0	0,2	0,2	0,4	0,2	0	0,4	0	0,4	0	0
10 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
0 ml	0	12,8	18,6	13,6	11,2	7,4	5,2	3,8	4,4	3	2	3,8	3,4	3,2

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0 ml	2 ml	4 ml	8 ml	10 ml
Emergences	92,4	16,4	0,8	1,8	0,2

Traitement : *Pachyrhizus erosus*

Variété : EC 219

Provenance : THIAGO

Moyenne des émergences de la génération F1 après traitement

	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄
0.0025%	0.0	0.2	3.2	3.6	4.6	4.0	2.6	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
0.005%	0.0	1.2	10.2	10.6	7.8	2.4	1.6	2.2	1.8	0.6	0.8	0.0	0.0	0.2
0.010%	0.0	0.8	8.0	12.8	9.0	5.2	2.0	2.2	1.6	1.4	1.4	0.6	0.4	0.0
0.025%	0.0	0.0	1.0	4.6	1.2	0.0	0.2	0.8	0.4	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0
0.050%	0.0	0.0	1.0	1.4	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10%	0.0	0.2	2.4	1.2	0.6	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0%	0.0	4.0	14.6	14.6	14.2	7.2	4.0	5.8	2.4	1.0	1.0	1.0	0.2	0.0

Total des émergences de la génération F1 après traitement

Doses	0%	0.0025%	0.005%	0.010%	0.025%	0.050%	0.10%
Emergences	70.2	19.6	39.4	45.4	9.2	3.0	5.2