

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

N° d'ordre



Faculté des Sciences et Techniques

Laboratoire d'Entomologie Appliquée

THESE

Présentée pour obtenir le titre de
DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE

Spécialité : Sciences Biologiques Appliquées

Option : Biologie et Ecologie Animales

Par

Sibiri SOU

**ETUDE DES POPULATIONS DE BRUCHES ET DE LEURS PARASITOÏDES
DANS UN AGROSYSTEME SAHELIEU AU BURKINA FASO :
MISE EN PLACE DE METHODES DE LUTTE INTEGREE.**

Soutenue le 2 Avril 1998

Devant la commission d'examen :

Président : M. Jacques HUIGNARD, Professeur à l'Université François RABELAIS de Tours

Membres : Mme Isabelle A. GLITHO, Professeur à l'Université du Bénin à Lomé

M. Laya L. SAWADOGO, Professeur à l'Université de Ouagadougou

M. Albert P. OUEDRAOGO, Maître de Conférences à l'Université de Ouagadougou

(Directeur de Thèse)

M. Seydou N. TRAORE, Docteur d'Etat, Chargé de Recherches à l'INERA

AVANT PROPOS

Je veux exprimer ici toute ma gratitude à Monsieur Albert Patoin OUEDRAOGO, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Responsable du Laboratoire d'Entomologie Appliquée de l'Université de Ouagadougou et du Projet CEE/Niébé qui m'a fait l'honneur de m'accepter dans son laboratoire. Il a guidé mes pas dans cet univers de la recherche et a dirigé ce travail avec toute la rigueur scientifique qu'on lui connaît. Son acharnement au travail, sa constante disponibilité en dehors même du cadre scolaire et sa très grande générosité m'ont comblé durant toutes ces années d'études à ses côtés. De simples mots ne suffisent pas pour témoigner ma satisfaction et mon admiration pour lui. Je le remercie également pour avoir accepté de prendre part à ce Jury de thèse et de juger ce travail.

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur le Professeur Jacques HUIGNARD, Directeur de l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI) à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université François RABELAIS de Tours (France) et Coordonnateur du Projet CEE/Niébé qui m'a aussi accueilli dans son laboratoire pour un stage de recherche d'une durée de deux mois. Pendant ce bref séjour à ses côtés, j'ai pu bénéficier de son appui scientifique et matériel pour la rédaction et la confection de ce document. Je le remercie également pour sa disponibilité de tout moment et son encadrement efficace qui m'ont permis de réaliser ce travail dans de bonnes conditions. D'autre part, je le remercie pour l'honneur qu'il me fait de présider ce Jury de thèse, malgré ses nombreuses charges et la fatigue du long voyage en Afrique.

Ces remerciements s'adressent aussi à:

- Madame Isabelle A. GLITHO, Professeur à l'Université du Bénin à Lomé (Togo), de me faire l'honneur de participer à ce Jury de thèse et de juger ce travail en dépit de ses multiples occupations. Je lui suis également reconnaissant pour ses conseils utiles lors des ses différentes missions d'enseignement et de recherches au Burkina Faso.

- Monsieur Laya L. SAWADOGO, Professeur et Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Ouagadougou, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de participer à ce Jury de thèse et de juger ce travail.

- Monsieur Seydou Nafoni TRAORE, Docteur d'Etat, Chargé de Recherches à l'Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso pour avoir accepté de faire partie de ce Jury et de juger ce travail.

Je tiens à remercier tous les collaborateurs de Monsieur le Professeur Jacques HUIGNARD pour les aides diverses qu'ils m'ont apportées pendant mon séjour à Tours:

- Madame Christine BESSE pour sa contribution à la mise en forme et l'impression de ce document et pour ses innombrables services rendus. Je lui témoigne toute ma sympathie.

- Monsieur Jean Claude LANDRE pour la confection des photos, des diapositives et sa permanente disponibilité.

- Monsieur Jean Paul MONGE pour son aide à la réalisation des diapositives.

- Tous mes autres amis à Paris et à Tours : Christèle NEBIE, Alex GLITHO, Yann TRICAULT, Stéphane SAVARY, Thierry LEROY, Benoît JAILLAIS, Fabrice BENEDET, Hymen DJEMAI, Nathalie LEBLANC, Anna RIVERO, Robert NANA, Pascal DURANT, qui ont mis tout en oeuvre pour rendre agréable mon bref séjour et me faire passer de bons moments.

Je témoigne toute ma gratitude à Monsieur Jean Marie MARTINEZ ainsi qu'à toute sa famille pour la chaleur de leur accueil et pour leur soutien de tout instant.

Je n'oublie pas mes amis de Ouagadougou, de Bobo-Dioulasso et de Niamey: Antoine SANON, Ousséini KOUDOUGOU, Karim SOULI, Franck Ollé KAM, Bouma THIO, Jean Baptiste RAYAISSE, Youssouf OUATTARA, Cheik Oumar KONE, Fatimata KOUDOUGOU, Alimata KOUANDA, Fatimata DEMBELE, Mariama TOUFFIQUE BELLO, Philippe D. DOUNIA, Appolinaire TAPSOBA, pour le soutien sans faille qu'ils n'ont cessé de m'apporter.

J'adresse ma profonde gratitude à Madame GUIRE née SOU Téné et à sa famille, à MM. Ernest SAWADOGO, Ousséini TIENDREBEOGO, Isidore Lallé SAM pour leur soutien de tous genres et leurs multiples conseils qui m'ont été et me sont toujours fort utiles.

Ces remerciements vont à l'endroit de ma famille et de tous mes parents pour leur soutien et la solidarité qu'ils ne cessent de me témoigner.

Mes vifs remerciements vont à l'endroit de MM. Cheick Oumar KONE et Mamadou SAWADOGO, Techniciens au Laboratoire d'Entomologie Appliquée pour leur appui à la collecte des données.

Que tous mes professeurs de l'Institut du Développement Rural et de la FAST trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Ce travail s'inscrit dans le cadre du contrat TS3 CT 93 0201 financé par l'Union Européenne et dont le programme de recherches s'intitule: *Biological control of Bruchid pests in West Africa*. Il a pu être réalisé grâce à une allocation de recherches qui m'a été octroyée par cette institution. Je lui suis très reconnaissant.

Je tiens finalement à remercier tous ceux dont les noms ne figurent pas ici et qui, par des voies diverses, ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

A mon enfant Lynda Malika
Aux miens disparus
A la solidarité et à l'Amour de ceux qui me restent.

Il ne sert à rien de cultiver des variétés de plantes alimentaires hautement productives si l'on ne peut conserver les récoltes à cause des attaques d'insectes tels que les Bruchidae.

Jacques HUIGNARD, 1985.

SOMMAIRE

Résumé.....	1
Abstract.....	2
Introduction générale.....	3

Chapitre 1: Présentation de la zone d'études et généralités sur le niébé, *Vigna unguiculata* Walp.

I. Présentation de la zone d'études.....	11
II. Généralités sur le niébé, <i>Vigna unguiculata</i> Walp.....	14
1. Origine géographique, taxonomie et botanique de la plante.....	14
2. La culture du niébé: écologie, croissance et développement.....	15
3. Récolte et conservation.....	16
4. Importance alimentaire, agronomique et économique du niébé.....	16
5. Les insectes ravageurs du niébé.....	18
5.1. Les principaux insectes ravageurs du niébé en culture.....	18
5.2. Les principaux insectes ravageurs du niébé stocké.....	20
6. Les insectes parasitoïdes des bruches.....	24

Chapitre 2: Etude de la colonisation des cultures par les bruches et leurs parasitoïdes

Introduction.....	28
I. Matériels et méthodes.....	29
I.1. <u>Matériel végétal et dispositif expérimental</u>	29
I.2. <u>Méthodes d'échantillonnage et paramètres étudiés</u>	29
I.2.1. Estimation des effectifs de bruches présentes dans les cultures de niébé et analyse de leur état reproducteur.....	29
I.2.2. Détermination de la période d'arrivée des adultes de parasitoïdes larvaires dans les cultures de niébé par la méthode du piégeage.....	30
I.2.3. Estimation des pontes déposées sur les gousses pendant la période de maturation.....	30
I.2.4. Suivi des émergences des insectes de première génération.....	30
I.2.5. Estimation du taux d'infestation initiale des graines.....	31

II. Résultats	32
II.1. <u>Estimation des effectifs de bruches présentes dans les cultures de niébé et analyse de leur état reproducteur</u>	37
II.2. <u>Détermination de la période d'arrivée des adultes de parasitoïdes larvaires dans les cultures de niébé par les méthodes du filet fauchoir et du piégeage</u>	35
II.3. <u>Estimation des pontes déposées sur les gousses pendant la période de maturation</u>	36
II.4. <u>Suivi des émergences des insectes de première génération</u>	37
II.5. <u>Estimation du taux d'infestation initiale des graines</u>	38
III. Discussion	39

Chapitre 3 : Impact des traitements insecticides dans les cultures sur les bruches et leurs parasitoïdes et sur l'évolution de ces insectes dans les stocks

Introduction	43
I. Matériels et méthodes	45
I.1. <u>Matériel et dispositif expérimental</u>	45
I.2. <u>Méthodes d'échantillonnage et paramètres étudiés</u>	46
I.2.1. Estimation de la densité des bruches et de leurs parasitoïdes dans les cultures.....	46
I.2.2. Estimation des pontes de bruches et du taux d'attaques par <i>U. lariophaga</i>	47
I.2.3. Suivi des émergences des insectes de première génération.....	47
I.2.4. Suivi des populations d'insectes dans les structures de stockage.....	47
I.3. <u>Analyse statistique des données</u>	49
II. Résultats	50
II.1. <u>Estimation de la densité des bruches et de leurs parasitoïdes dans les cultures</u>	50
II.2. <u>Estimation des pontes de bruches et du taux d'attaque par <i>U. lariophaga</i></u>	52
II.2.1. Estimation des pontes sur les gousses vertes (stades 1 et 2).....	52
II.2.2. Estimation des pontes sur les gousses mûres (stades 3 et 4).....	53
II.3. <u>Suivi des émergences des insectes de première génération</u>	54
II.4. <u>Suivi des populations d'insectes dans les différents lots au cours de la conservation des graines du niébé</u>	55
III. Discussion	64

Chapitre 4 : Essais de lutte biologique contre les bruches du niébé dans les systèmes de stockage.

Introduction	67
I. Matériels et méthodes	69
I.1. <u>Souches utilisées et conduite des élevages</u>	69
I.2. <u>Contrôle biologique de <i>C. maculatus</i> par des introductions successives d'adultes de <i>D. basalis</i> dans les stocks</u>	70
I.3. <u>Détermination de la densité minimale d'adultes de <i>D. basalis</i> à introduire dans les stocks pour le contrôle des populations de <i>C. maculatus</i></u>	71
I.4. <u>Les paramètres étudiés</u>	72
I.5. <u>Analyse statistique des données</u>	73
II. Résultats	74
II.1. <u>Contrôle biologique de <i>C. maculatus</i> par des introductions successives d'adultes de <i>D. basalis</i> dans les stocks</u>	74
II.2. <u>Détermination de la densité minimale d'adultes de <i>D. basalis</i> à introduire dans les stocks pour le contrôle des populations de <i>C. maculatus</i></u>	80
III. Discussion	86

Chapitre 5 : Impact de substances d'origine végétale à propriétés insecticides sur le système bruches-parasitoïdes dans les structures de stockage.

Introduction	88
I. Matériels et méthodes	91
II. Résultats	92
III. Discussion	99
Conclusion générale et perspectives de recherches	101
Références bibliographiques	107

RESUME

Au Burkina Faso, les Coléoptères Bruchidae que sont *Callosobruchus maculatus* Fab. et *Bruchidius atrolineatus* Pic. constituent la principale contrainte à la conservation des graines de niébé, *Vigna unguiculata* Walp.

Les adultes de ces bruches colonisent les cultures très tôt lorsque les plants de niébé sont à l'état végétatif. Les dissections des adultes capturés montrent que *C. maculatus* comme *B. atrolineatus* présentent une diapause reproductrice à cette période. Au fur et à mesure que les fleurs et les gousses apparaissent dans les champs, la plupart des adultes capturés ont des organes reproducteurs fonctionnels et présentent une activité sexuelle. *B. atrolineatus*, dont les effectifs représentent 68,22 % du total des bruches, est l'espèce la plus dominante dans les cultures.

Les captures au filet fauchoir et les méthodes de piégeage ont permis d'identifier deux espèces d'Hyménoptères parasitoïdes larvaires à savoir *Dinarmus basalis* Rond. et *Eupelmus vuilleti* Crwf. Les adultes de ces parasitoïdes arrivent dans les cultures en même temps que les bruches. Ils ne présentent pas de diapause reproductrice, ni d'arrêt de la reproduction. L'examen des pontes de bruches sur les gousses a révélé que les femelles de *C. maculatus* déposent plus d'oeufs (80,85 et 75,68 % respectivement en culture pure et en culture associée) que celles de *B. atrolineatus*. Les pontes des deux espèces de bruches sont équivalentes dans les deux types de culture. Les taux de parasitisme des oeufs dus au parasitoïde oophage *Uscana lariophaga* Steff., de 24 à 39 %, sont plus élevés sur les oeufs de *C. maculatus*.

Le suivi des émergences des insectes de première génération montre des taux de survie plus importants en culture associée qu'en culture pure de niébé. Les parasitoïdes larvaires émergent en petit nombre. A la récolte, les taux d'infestation initiale des graines sont inférieurs à 6 %. C'est à partir de ces faibles taux que se fera la contamination des stocks pendant la période de stockage du niébé en saison sèche.

Les traitements insecticides des cultures à la deltaméthrine, un pyréthrianoïde de synthèse, n'ont pas permis d'empêcher la colonisation de ces cultures par les bruches. Les pontes des bruches sur les gousses vertes ne sont pas non plus perturbées par les pulvérisations chimiques. Trois pulvérisations sont indispensables pour réduire le nombre d'oeufs déposés sur les gousses mûres par les femelles de *C. maculatus*. Le parasitisme des oeufs de bruches par *U. lariophaga* n'est pas influencé par ces traitements. Ces taux restent élevés dans tous les cas considérés. Ces résultats ne sont pas modifiés par le mode de culture. Les parasitoïdes larvaires quant à eux sont atteints par le produit chimique. Dans les structures de stockage, les traitements chimiques à la deltaméthrine précédant la récolte ont une influence faible sur l'accroissement des populations de bruches. Le parasitoïde oophage poursuit ses attaques dans les stocks pendant les deux premiers mois de conservation du niébé. Les taux d'attaque des oeufs de bruches ne sont pas réduits par les pulvérisations chimiques réalisées dans les cultures.

Les essais de lutte biologique dans les systèmes de stockage pendant la saison sèche montrent que des introductions successives de *D. basalis* permettent une réduction des effectifs de *C. maculatus* de plus de 82 %. Au bout de cinq mois et demi de stockage, la perte en poids des graines est d'environ 15 %, alors que cette perte est d'environ 50 % si aucune mesure de protection des stocks n'est entreprise. L'introduction de densités croissantes d'adultes de *D. basalis* dans les stocks fait ressortir que des densités de 38, 75 et 150 couples de *D. basalis* (représentant respectivement une pression parasitaire initiale de 1 couple de parasitoïdes pour 20, 10 et 5 hôtes) réduisent l'accroissement des effectifs de bruches de plus de 80 % après quatre mois de stockage. La perte en poids des graines dans ces conditions est inférieure à 7 %.

L'utilisation de feuilles vertes de *Boscia senegalensis* Lam., un arbuste reconnu comme ayant des propriétés insecticides, montre que les substances actives, des isothiocyanates, de cette plante ont une action négative limitée sur les parasitoïdes. Les populations de *C. maculatus* ne sont pas très affectées par les substances toxiques d'origine végétale. Après cinq mois de stockage, la réduction des effectifs de bruches n'est que de 30,6 % dans les lots où on a utilisé uniquement les feuilles de *B. senegalensis*. La perte en poids des graines dans ces lots est de 48,85 %. Par contre dans les lots où des adultes de *D. basalis* sont introduits en plus des feuilles de *B. senegalensis* ou non, la réduction des effectifs de *C. maculatus* varie de 70 à plus de 85 % et la perte en poids des graines varie de 4,68 à 8 %.

Mots clés : Burkina Faso, *V. unguiculata*, *C. maculatus*, *B. atrolineatus*, *D. basalis*, *E. vuilleti*, *U. lariophaga*, piégeage, diapause reproductrice, culture pure, culture associée, traitements insecticides, Deltaméthrine, gousses vertes, gousses mûres, lutte biologique, *B. senegalensis*, substances d'origine végétale.

ABSTRACT

In Burkina Faso, Coleoptera Bruchidae as *Callosobruchus maculatus* Fab. and *Bruchidius atrolineatus* Pic. are the main constraint to stored seeds of cowpea, *Vigna unguiculata* Walp.

Bruchid adults colonise fields early when cowpea plants are in vegetative stage. Dissection of adults show that *C. maculatus* like *B. atrolineatus* are in reproductive diapause. As flowers and pods appear in fields, the most adults have functional reproductive organs and present sexual activity. *B. atrolineatus* which represents 68,22 % of total of bruchids, is the dominant species.

Capture with net and snare methods permit to identify two species of parasitoids : *Dinarmus basalis* Rond. and *Eupelmus vuilleti* Crwf. Their adults colonise fields in the same time than bruchids. They are not in reproductive diapause. The survey of bruchids egg laying on pods revealed that *C. maculatus* females laid more eggs (80,85 % and 75,68 % respectively in monoculture and intercropping cowpea with sorghum) than *B. atrolineatus* females. The two species egg laying are the same in the two types of culture. The parasitism rates by oophagous parasitoids *Uscana lariophaga* Steff. are highest on *C. maculatus* eggs (24 to 39 %).

The survey of first generation emergencies show survival rates more important in intercropping than in monoculture. Larval parasitoids emergency is low. At the harvest, initial infestation rates of seeds are inferior to 6 %. In dry season, contamination of stores will be done dating from these low rates.

Chemical treatments of fields with deltamethrin, a synthesis pyrethroid, have not permit to avoid fields colonisation by beetles. Egg laying on young pods are not disturb by chemical sprayings. Three sprays are necessary to reduce the number of *C. maculatus* females egg laying on mature pods. the parasitism rates of bruchid eggs are not influenced by these treatments. These rates are high in all cases. These results are not modified by the mode of culture. Larval parasitoids are affected by chemical product. In storage structures, chemical treatments with deltamethrin before harvest have low influence on development of bruchid populations. Oophagous parasitoid continue to attack eggs of bruchids during the two first months of cowpea storage. The parasitism rates are not reduced by chemical sprayings in the fields.

Essay of biological control in the storage systems during the dry season show that successive introductions of *D. basalis* adults permit to reduce *C. maculatus* populations more than 82 %. After five months and half of storage, weight losses of seeds are 15 %, whereas this loss is 50 % if not any measure of store protection is taken. Introduction of increase densities of *D. basalis* adults in stores show that densities of 38, 75 and 150 braces of *D. basalis* (which represent respectively initial parasitism pressure of one brace of parasitoids for 20, 10 and 5 hosts) reduce bruchid populations more than 80 % after four months of storage. Seeds weight losses are inferior to 7 %.

The use of young leaves of *Boscia senegalensis* Lam., a shrub known for its chemical insecticidal properties, show that its active substances, isothiocyanates, have relative negative action on *D. basalis*. *C. maculatus* populations are not very affected by vegetable toxic substances. After five months of storage, bruchid populations reduction is 30,6 % in lots where we use only leaves of *B. senegalensis*. The seeds weight loss in these lots is 48,85 %. On the opposite, in lots where *D. basalis* adults are introduced with *B. senegalensis* leaves or none, the reduction of number of *C. maculatus* vary from 70 to more 85 % and the seeds weight loss vary from 4,68 to 8 %.

Key words : Burkina Faso, *V. unguiculata*, *C. maculatus*, *B. atrolineatus*, *D. basalis*, *E. vuilleti*, *U. lariophaga*, snare methods, reproductive diapause, monoculture, intercropping, chemical treatments, Deltamethrin, young pods, mature pods, biological control, *B. senegalensis*, vegetable substances.

INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso est un pays essentiellement agricole. L'agriculture occupe 80 % de sa population active et participe pour plus de 40 % à son produit intérieur brut (PIB). Toutefois, il convient de souligner que l'agriculture Burkinabé demeure marquée par une faible productivité en raison de son caractère extensif, des aléas climatiques et de l'emploi d'outils archaïques de production. Les pertes occasionnées dans les cultures par les insectes nuisibles sont estimées à environ 30 % (FAO, 1992 citée par Van Alebeek, 1996). Or divers facteurs contribuent à accroître l'importance des méfaits dus aux ennemis des cultures. Parmi ces facteurs, on peut citer la méconnaissance des organismes nuisibles, l'ignorance des techniques de protection efficaces et peu onéreuses pour le producteur et les méthodes culturales inadaptées.

Le choix du niébé, *Vigna unguiculata* L. Walp, comme matériel végétal d'étude se justifie par les faits suivants :

- C'est une légumineuse alimentaire dont la culture est largement répandue en zone semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. Elle est cultivée extensivement dans environ 15 pays Africains dont le Nigeria, le Niger et le Burkina Faso constituent les principaux producteurs (Jackai & Daoust, 1986 ; Nwokolo & Ilechukwu, 1996). La production totale annuelle en graines de niébé en Afrique est d'environ 3,36 millions de tonnes, ce qui représente plus de la moitié de la production mondiale. Dans les conditions d'exploitation traditionnelle, les rendements du niébé cultivé en association avec une céréale sont de l'ordre de 100 à 300 Kg de graines sèches par hectare (Pandey & Westphal, 1989). De récentes données indiquent une augmentation de ces rendements d'environ 80 % à partir des années 1990, en raison de la mise en place de nouvelles variétés plus productives et de l'amélioration des techniques de culture ou de protection des plantes (FAO, 1992 citée par Van Alebeek, 1996).

- Les feuilles, les fleurs et les jeunes gousses du niébé sont utilisées dans l'alimentation humaine sous forme de mets très variés en association ou non avec des céréales suivant les régions (Ouedraogo, 1991 ; Singh & Singh, 1992). Les graines, riches en protéines (de 22 à 25 % de leur poids sec), jouent un rôle important dans l'alimentation des populations qui l'exploitent (Huignard, 1985). Elles contiennent la plupart des acides aminés indispensables à la nutrition humaine, à l'exception des acides aminés soufrés (Smartt, 1976). Certaines variétés très précoces (cycle de développement compris entre 60 et 70 jours) sont utilisées comme variétés de soudure.

- La culture du niébé peut constituer une source de revenus monétaires non négligeable pour les petits exploitants agricoles. Au moment des récoltes, les prix sont souvent bas. A Ouagadougou, ils sont estimés à 200 F cfa/Kg de graines (100 F cfa = 1 FF). Après plusieurs mois de stockage et à l'approche de la saison des pluies suivante, les prix peuvent doubler et même tripler. Les paysans vendent leurs productions dès la récolte lorsqu'ils sont en manque d'argent, mais ils préfèrent attendre que les prix soient élevés pour vendre les graines sur les marchés locaux ou dans les villes voisines.

- La plante est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce aux *Rhizobium*, bactéries symbiotiques contenues dans les nodosités de ses racines et est considérée comme une plante améliorante. Elle est résistante à la sécheresse, tolère les sols acides et peut se développer sur des sols pauvres ou à faible fertilité (Nwokolo & Ilechukwu, 1996).

- Les fanes de niébé, séchées et conservées après les récoltes, sont utilisées comme aliment pour le bétail pendant la saison sèche.

Les dégâts causés à cette légumineuse, aussi bien aux cultures sur pied et surtout aux graines stockées par les différents organismes nuisibles constituent une contrainte majeure à sa production. En effet, dans les stocks, deux espèces de Coléoptères Bruchidae, séminivores, *Callosobruchus maculatus* Fab. et *Bruchidius atrolineatus* Pic., provoquent des dommages considérables au Burkina Faso (Ouedraogo & Huignard, 1981) ainsi que dans la plupart des régions tropicales d'Afrique (Caswell, 1961 ; 1974 ; Alzouma, 1981, 1987 ; Glitho & Nuto, 1987 ; Huignard & Monge, 1993). Les adultes colonisent les cultures et déposent leurs oeufs sur les gousses en cours de maturation (Huignard *et al.*, 1985). A la fin de la saison des pluies, les gousses portant des oeufs et des larves de bruches sont récoltées. Ces deux espèces sympatriques présentent des comportements différents aussi bien dans les cultures que dans les stocks.

Dans les cultures, les femelles de *B. atrolineatus* pondent sur les gousses vertes puis sur les gousses mûres ; celles de *C. maculatus* déposent de préférence leurs oeufs sur les gousses mûrissantes (Huignard *et al.*, 1985). Le développement des larves se poursuit dans les cotylédons des graines au cours de leur conservation. Des récoltes entières peuvent être détruites après trois à quatre mois de stockage (Caswell, 1961 ; Prevett, 1961 ; Alzouma, 1981 ; Giga & Smith, 1987), notamment par les adultes de la forme non voilière de *C. maculatus*. Le suivi des graines de niébé sur des marchés dans des villages en Afrique de l'Ouest a montré que 20 à 90 % de ces graines

étaient attaqués par les bruches (Caswell, 1974 ; Seck *et al.*, 1991). Dans les stocks, les pertes se situent entre 40 et 50 % (Huignard, 1985).

Au cours du stockage, *B. atrolineatus* ne présente qu'un nombre limité de générations (deux en général). La première génération issue des pontes dans les champs comporte des individus sexuellement actifs. Par contre ceux de la deuxième génération sont en diapause reproductrice dès le mois de Janvier (ils sont incapables de se reproduire) (Germain *et al.*, 1987 ; Monge *et al.*, 1988 ; 1989 ; Huignard *et al.*, 1989 ; Glitho, 1990 ; Lenga, 1991). Par contre, *C. maculatus* semble bien adapté à la vie dans les stocks. Durant le cycle biologique, il y a apparition de deux formes imaginaires bien caractérisées (Utida, 1954 ; Caswell, 1960 ; Ouedraogo, 1991) :

* **La forme non voilière** est celle observée durant toute la saison sèche dans les stocks. Elle est reproductrice et plusieurs générations peuvent se succéder tant que la qualité des graines de niébé le permet.

* **La forme voilière**, apparaissant à l'approche de la saison des pluies, est la forme de dissémination. Elle diffère de la forme précédente par des critères morphologiques, comportementaux et est caractérisée dès son apparition par des organes reproducteurs immatures (Ouedraogo, 1991).

La défense des cultures du niébé contre leurs nombreux ennemis exige une bonne connaissance de la biologie et de l'écologie de ces ennemis. Elle demande également une maîtrise des procédés de lutte à mettre en oeuvre ainsi que des conditions et techniques d'utilisation des moyens de lutte. L'objectif de la lutte est de réduire les pertes qu'ils sont susceptibles d'occasionner. Il existe plusieurs procédés de lutte qui permettent de réduire l'impact des ravageurs sur la plante en culture ou sur les graines et les gousses stockées. La lutte ne se justifie que lorsque son coût est inférieur à la valeur des pertes évitées. Chacun des procédés peut être exploité pour prévenir les infestations (lutte préventive) ou pour les limiter (lutte curative). On distingue principalement :

- **La lutte culturale et les méthodes traditionnelles de protection des stocks** : c'est le procédé de lutte qui fait appel aux pratiques culturales classiques comme le choix de la zone de culture, la rotation des cultures, la préparation du sol, l'entretien de la culture, la manipulation des dates de semis et de récolte (Ezueh, 1991). Elles permettent souvent de rendre le milieu directement ou indirectement défavorable aux ravageurs tout en ayant un effet favorable pour la plante cultivée ou le produit agricole entreposé. En Afrique et plus particulièrement au Burkina Faso, le niébé est

généralement cultivé en association avec les céréales (mil, maïs, sorgho) ou même avec le coton. Selon les paysans, cette pratique viserait à maximiser les rendements compte tenu de la rareté des terres cultivables (il y a plus de productions à récolter dans un même champ) et à minimiser les risques d'une mauvaise récolte à cause de l'irrégularité des pluies.

Pour protéger les stocks de graines contre les insectes ravageurs, les paysans ont recours à diverses méthodes traditionnelles de lutte. Elles consistent principalement en l'utilisation de substances inertes (cendre, sable fin, argile...), mais aussi d'huiles végétales et d'extraits ou de parties de plantes reconnues comme ayant des propriétés insectifuges ou insecticides (Zehrer, 1987 ; Maïga, 1987 ; Van Huis, 1991 ; Dabire, 1992 ; Nuto, 1995). Ces méthodes, peu onéreuses, peuvent se révéler inefficaces pour des stocks assez importants. De plus, ces substances sont utilisées sans une connaissance précise des dosages employés.

- **La lutte génétique** : Elle fait appel aux variétés résistantes ou tolérantes. L'Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso et l'Institut International pour l'Agriculture Tropicale (IITA) à Ibadan au Nigeria développent depuis quelques années des variétés de niébé résistantes aux insectes et aux maladies. On peut citer entre autres : des variétés résistantes aux insectes piqueurs suceurs de sève comme *Empoasca sp* et les aphides (*Aphis craccivora*) ; des variétés avec un certain niveau de résistance à la bruche *C. maculatus*, aux thrips (*Megalurothrips sjostedti*), aux larves de Lépidoptères destructrices des feuilles, des fleurs et des gousses (*Maruca testulalis*) et autres insectes suceurs de gousses (Singh & Singh, 1990 ; IITA, 1992). La plupart de ces variétés partiellement ou modérément résistantes présentent des graines dont les caractéristiques ne sont pas très bien appréciées par les paysans et nécessitent des traitements insecticides contre les autres ravageurs ou maladies pour atteindre des rendements optimaux (Singh *et al.*, 1990 ; 1992) Cette méthode de lutte génétique est moins astreignante pour le producteur, mais son aboutissement est long et coûteux.

- **La lutte physique** : c'est un procédé par lequel l'homme recourt à un facteur physique pour détruire le nuisible. On peut utiliser des traitements par la chaleur (graines placées au soleil ou au-dessus d'un feu) ou le froid. Souvent les paysans font cuire les graines qui ne sont pas destinées aux semis de la saison suivante ou les passent dans du sable très chaud. Cette pratique entraîne la destruction des oeufs, des larves et des adultes de bruches qui peuvent se trouver sur ou dans les graines de niébé.

- **La lutte biologique** : C'est l'utilisation d'organismes vivants contre les ravageurs des cultures. Elle implique l'introduction, la préservation ou l'augmentation artificielle des ennemis naturels. Ces ennemis naturels ou agents de lutte biologique sont considérés comme des auxiliaires de l'agriculture car ils contribuent à la régulation des populations de nuisibles, limitant ainsi la fréquence et la sévérité des attaques. On distingue essentiellement les prédateurs, les parasitoïdes et les micro-organismes.

Les prédateurs sont les animaux qui chassent, tuent et dévorent leur proie. Ils sont majoritairement des généralistes. Dans les cultures de niébé, on rencontre essentiellement des Coléoptères (Carabidae, Staphilinidae, Hysteridae, Coccinelidae), des Hétéroptères (Nabidae, Anthoconidae), des Hyménoptères Formicidae (fourmis) et diverses espèces d'araignées (Debach, 1974 ; Arbogast, 1984).

Les micro-organismes peuvent assurer un contrôle des ennemis des cultures car ils se développent dans l'hôte et y provoquent une perturbation physiologique (Arbogast, 1984).

Les parasitoïdes (Hyménoptères - Diptères) sont des animaux qui vivent aux dépens d'autres animaux, leurs hôtes. Ces agents de lutte biologique ont une très grande spécificité d'hôte et des stratégies différentes (Debach, 1974).

Dans les cultures et dans les stocks, un complexe parasitaire essentiellement constitué d'Hyménoptères est souvent associé aux bruches (Alzouma, 1981 ; Steffan, 1981 ; Van Huis, 1991 ; Sanon, 1993 ; Sou, 1994 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 b). Les Hyménoptères parasitoïdes représentent une composante essentielle de nombreux écosystèmes terrestres où ils peuvent constituer 20 % de toutes les espèces d'insectes (Memmott *et al.*, 1994). En zone tropicale, on rencontre une espèce oophage, *Uscana lariophaga* Steff. (Trichogrammatidae) et trois espèces larvo-nymphaux, *Dinarmus basalis* Rond. (Pteromalidae), *Eupelmus vuilleti* Crw. et *E. orientalis* Crw. (Eupelmidae) (Lammers & Van Huis, 1989 ; Monge & Huignard, 1991 ; Sankung, 1994). Parmi ces parasitoïdes, *D. basalis* et *E. vuilleti* semblent jouer un rôle important dans la réduction des effectifs de bruches.

- **La lutte chimique** : Compte tenu de l'ampleur des dégâts dus aux insectes nuisibles, des pesticides de synthèse sont utilisés pour protéger les cultures et les stocks. Ce sont des substances qui sont toxiques envers les parasites, mais qui sont inoffensives pour les cultures traitées dans les conditions d'utilisation préconisées. Cette méthode de lutte est très onéreuse pour les petits exploitants à faibles revenus. Elle peut constituer non seulement un risque pour la santé de

l'utilisateur et du consommateur, une source de pollution de l'environnement et des chaînes alimentaires, mais également un grand risque économique lié à la possibilité d'échec des récoltes due aux sécheresses (Van Huis, 1991). Pour ces raisons, la protection des cultures ne nécessitant pas des intrants trop importants doit être combinée dans un cadre de lutte intégrée.

- **La lutte intégrée** : Selon la FAO (1992 citée par Van Alebeek, 1996), la lutte intégrée est un système de lutte ménagée qui, compte tenu du milieu particulier et de la dynamique des populations des espèces considérées, utilise toutes les techniques et méthodes appropriées de façon compatible que possible en vue de maintenir les populations de ravageurs à des niveaux où ils ne causent pas de dommages économiques. C'est une approche écologique et économique de la gestion des cultures. Sa mise en oeuvre est basée sur quatre principes (Kiss & Meerman, 1991) :

- l'intégration de la lutte contre un ravageur quelconque ou une maladie dans le système global de culture et l'intégration de toutes les méthodes de lutte du nuisible ;

- l'utilisation de mesures biologiques pour créer un environnement qui défavorise l'habitat du ravageur ou de la maladie et favorise l'incidence des ennemis naturels ;

- les infestations du ravageur ou de la maladie doivent être évaluées selon les niveaux de dommages économiques ;

- les mesures de contrôle et les moyens utilisés dans la lutte des ravageurs ne doivent pas nuire à la santé de l'homme et de l'environnement.

Dans la présente étude réalisée à la station expérimentale de Gampéla et au Laboratoire d'Entomologie Appliquée de l'Université de Ouagadougou :

* Nous avons entrepris d'analyser la contamination des cultures de niébé par les deux bruches et leurs parasitoïdes ainsi que les taux d'attaque des oeufs de bruches par le parasitoïde oophage, *U. lariophaga*. Cette étude a été effectuée aussi bien sur des parcelles où le niébé est cultivé seul que sur des parcelles où il est associé au sorgho. En effet, les associations culturales peuvent entraîner une réduction des populations de phytophages ou perturber leur reproduction. La culture associée constitue une canopée assez dense qui peut protéger la plante en rendant plus difficile sa découverte par l'insecte. Elle peut également favoriser l'activité parasitaire des ennemis naturels (Root, 1973 ; Altieri *et al.*, 1978 ; Bathnagar & Davies, 1981).

* Nous avons par ailleurs procédé à l'analyse de l'état de l'appareil reproducteur des adultes de bruches capturés dans les cultures et à la détermination de la période d'arrivée des Hyménoptères parasitoïdes dans les cultures.

* Dans le cadre d'une approche de lutte contre les Bruchidae ravageurs des stocks :

- Nous avons d'abord étudié l'effet d'un pyréthrianoïde, la Deltaméthrine, sur les populations de bruches ainsi que sur celles de leurs parasitoïdes dans les cultures. Il est possible que ces insecticides tuent les adultes de bruches et de parasitoïdes présents mais n'atteignent pas les larves de bruches à l'intérieur des graines. Ils pourraient en éliminant les parasitoïdes, se révéler à la longue favorables aux bruches.

- Nous avons ensuite suivi l'évolution des populations de ces insectes au cours de la saison sèche dans des systèmes de stockage proches de ceux utilisés par les petits exploitants traditionnels afin de savoir si les pulvérisations chimiques exercées au champ avaient des répercussions dans les stocks sur les bruches et surtout sur les parasitoïdes.

- La lutte biologique contre les populations de bruches dans les stocks a été également abordée dans ce volet. Peu d'essais ont été réalisés à grande échelle dans la gestion des ravageurs des stocks. Dans cette étude, nous utilisons le parasitoïde *D. basalis* car des études récentes réalisées au Burkina Faso et dans d'autres pays, montrent qu'il s'agit d'un bon agent de lutte biologique en raison de sa durée de développement courte, de sa fécondité importante (environ 100 oeufs par femelle), de la bonne dispersion des oeufs sur les hôtes à parasiter, ainsi que des adultes dans les stocks de graines, d'un polyvoltinisme poussé (environ 29 générations par an), d'une longue durée de vie des femelles et d'une capacité de discrimination intra et interspécifique (Gauthier, 1993 ; 1996 ; Gauthier *et al.*, 1996 ; 1997 ; Monge *et al.*, 1995 ; Huignard, 1996 ; Sanon, 1997 ; Amevoin, 1998). En outre, ce parasitoïde présente des facilités d'élevage en masse au laboratoire. Lorsqu'il est utilisé seul, *D. basalis* est capable de réduire de façon importante l'accroissement des populations de bruches (Sou, 1994 ; Sanon, 1995 ; 1997 ; Ouedraogo *et al.*, 1996a ; 1996 b ; 1997). En zone Nord-guinéenne de Bobo-Dioulasso, Sanon (1997) a montré que ce parasitoïde était capable de réduire les populations de bruches à environ 80 %. Au Togo, également en zone guinéenne plus humide, Amevoin (1998) a obtenu des réductions de l'ordre de 99,9 %.

Nous analyserons l'effet d'introductions successives d'adultes de *D. basalis* sur l'évolution des populations de *C. maculatus* et nous rechercherons l'effectif minimal de *D. basalis* qu'il est nécessaire d'introduire dans les stocks en vue du contrôle des populations de *C. maculatus*.

- Des produits ou des organes de plantes à propriétés insecticides ou insectifuges sont utilisés pour limiter les dégâts dus aux bruches dans les stocks (Ofuya, 1986 ; Alzouma & Boubacar, 1987 ; Van Huis, 1991 ; Sagnia & Schütte, 1992 ; Ouedraogo, 1995 ; Nuto, 1995). Dans cette étude, l'effet des feuilles vertes triturées d'une Capparidaceae, *Boscia senegalensis* Lam. est estimé. Des travaux antérieurs ont montré que les feuilles vertes de *B. senegalensis* contenaient des isothiocyanates qui sont des composés soufrés ayant des propriétés insecticides (Alzouma & Boubacar, 1987 ; Seck *et al.*, 1993 ; Auger *et al.*, 1994). Nous analyserons ici l'impact de ces substances sur le couple hôte-parasitoïde, précisément sur le couple *C. maculatus-D. basalis*.

CHAPITRE 1

**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDES ET
GENERALITES SUR LE NIEBE, *VIGNA UNGUICULATA* WALP.**

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDES.

Le Burkina Faso est un pays continental, situé à l'intérieur de la boucle du fleuve Niger en Afrique Occidentale entre 10 et 15° de latitude Nord, 2° de longitude Est et 6° de longitude Ouest. Les expérimentations en plein champ ont été conduites à la station expérimentale de Gampéla située à environ 22 Km de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou-Fada N'Gourma. Les expérimentations dans les systèmes de stockage se sont déroulées au campus universitaire de l'Université de Ouagadougou sous un hangar grillagé ouvert sur les quatre côtés.

D'une manière générale, les deux sites d'études présentent un climat de type Nord soudanien caractérisé par une saison sèche plus ou moins longue d'Octobre à Mai et une saison pluvieuse généralement courte de Juin à Septembre.

Les données climatiques présentées dans ce travail ont été mesurées par la station de Météorologie Nationale de Ouagadougou (pour les températures et l'humidité relative de l'air) et par celle de Gampéla (pour la pluviométrie).

1°) Pendant la saison sèche, les facteurs climatiques comme la température et l'humidité relative de l'air, présentent une grande variabilité.

Les températures moyennes maximales varient de 32,4 à 39,6° C et les minimales de 16,1 à 26,6° C. Au début de la saison sèche (Octobre-Novembre), les températures moyennes sont relativement élevées. Elles subissent une baisse de Décembre à Janvier. A partir du mois de Février, il y a une hausse de ces températures moyennes et les valeurs maximales sont observées entre Mars et Avril (tableau 1).

L'humidité relative de l'air est de l'ordre de 8,6 à 83,4 % selon les périodes. Elle est encore forte en début de saison sèche et diminue progressivement. Les valeurs moyennes les plus faibles s'observent entre Décembre et Mars. A partir du mois d'Avril on note une augmentation suite à l'apparition des premières pluies (tableaux 2 et 3).

La saison sèche est marquée par la régression de la végétation herbacée et arborée et les phytophages ne disposent que de ressources trophiques limitées.

2°) **Durant la saison des pluies**, les précipitations, importantes et irrégulières d'une année à l'autre, sont souvent accompagnées de vents violents. Les mois de Juillet, Août et Septembre sont les plus arrosés. La fin de la saison des pluies au mois d'Octobre est marquée par quelques rares précipitations (tableau 3).

Les températures restent élevées (31,0 à 35,1° C pour les moyennes maximales et 22,2 à 24,6° C pour les minimales). L'humidité relative de l'air augmente de façon importante et atteint 94,3 %, la valeur minimale étant de 42,9 % (tableaux 1 et 2).

L'arrivée de la saison des pluies entraîne le développement de l'ensemble de la végétation qui représente des sources trophiques, des sites d'oviposition et de refuge pour de nombreuses espèces d'insectes tropicaux.

La station expérimentale de Gampéla présente une grande hétérogénéité de sols. On rencontre des sols ferrugineux tropicaux, des sols peu évolués d'apport alluvial, des sols hydromorphes, des lithosols sur cuirasse, des sols peu évolués d'apport anthropique et des sols bruns eutrophes tropicaux hydromorphes ou ferrugineux (BUNASOLS, 1988).

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles (minimales et maximales en °C) observées pendant les cinq dernières années (de 1993 à 1997) à Ouagadougou.

	1993		1994		1995		1996		1997	
	Mini	Maxi								
Janvier	15,1	31,0	16,9	32,4	14,5	31,7	17,8	36,1	16,3	30,6
Février	19,3	36,2	18,9	36,2	17,2	34,8	21,0	38,0	18,9	35,4
Mars	23,0	39,0	24,0	39,1	25,0	39,7	24,9	39,1	23,6	37,5
Avril	26,2	40,4	26,9	40,2	26,8	39,6	26,7	39,0	26,0	38,8
Mai	27,9	40,3	26,6	38,8	26,8	38,2	26,5	38,4	25,4	37,2
Juin	24,5	35,1	24,4	34,6	24,5	35,6	25,6	35,2	23,9	34,8
Juillet	22,7	32,8	23,1	32,5	23,0	32,6	23,7	33,6	22,4	31,8
Août	22,3	31,8	22,2	30,3	22,0	31,3	22,6	31,4	21,7	30,3
Septembre	22,6	32,8	22,4	32,2	22,8	33,3	22,8	32,1	22,6	32,9
Octobre	24,1	36,4	22,8	33,8	23,5	36,0	23,2	35,4	22,6	35,8
Novembre	21,3	36,9	19,2	35,3	19,6	36,3	18,2	35,0	18,9	34,3
Décembre	17,5	33,5	15,5	32,4	18,8	35,1	17,2	35,3	15,9	34,5

Tableau 2 : Humidités relatives de l'air moyennes mensuelles (minimales et maximales en %) observées pendant les cinq dernières années (1993 à 1997) à Ouagadougou.

	1993		1994		1995		1996		1997	
	Mini	Maxi								
Janvier	13,1	45,5	12,3	39,5	10,2	38,9	10,6	46,2	13,9	39,8
Février	10,4	44,3	6,1	33,0	9,0	37,0	9,3	36,7	8,1	32,4
Mars	12,0	50,0	12,7	41,9	13,3	41,2	9,9	33,3	10,8	28,0
Avril	17,2	54,2	17,4	47,4	24,3	62,2	22,8	59,4	18,0	53,5
Mai	25,5	64,1	28,4	67,7	32,3	71,2	30,5	71,2	32,9	72,9
Juin	43,7	82,9	45,1	82,5	43,1	83,2	40,4	81,3	42,2	84,1
Juillet	51,0	90,6	52,7	90,5	53,0	90,6	46,5	88,0	53,7	91,0
Août	57,8	94,4	64,3	94,8	60,2	94,7	56,6	93,5	58,6	94,3
Septembre	53,6	92,3	57,5	94,0	54,7	93,0	56,0	94,5	51,4	93,6
Octobre	35,1	83,3	46,5	88,6	36,3	81,6	35,2	83,0	36,3	80,5
Novembre	18,2	66,7	19,5	67,6	14,8	60,8	13,7	58,5	14,2	66,7
Décembre	13,4	44,0	13,4	46,5	13,1	44,1	9,5	48,1	13,0	50,9

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles (en mm) enregistrées à Gampéla au cours des cinq dernières années (de 1993 à 1997).

	1993	1994	1995	1996	1997
Janvier	-	-	-	-	-
Février	-	-	-	-	-
Mars	7,9	1,5	-	-	3,3
Avril	16,0	23,3	4,7	14,5	32,3
Mai	7,8	33,6	55,8	36,6	58,0
Juin	109,9	107,3	165,9	81,4	83,0
Juillet	146,9	220,8	165,9	130,6	188,5
Août	166,0	373,4	171,5	194,7	153,2
Septembre	124,6	179,5	132,9	175,6	162,0
Octobre	24,8	59,2	12,8	44,4	82,8
Novembre	-	-	-	-	-
Décembre	-	-	-	-	-

II. GENERALITES SUR LE NIEBE, *Vigna unguiculata* Walp.

1. Origine géographique, taxonomie et botanique de la plante.

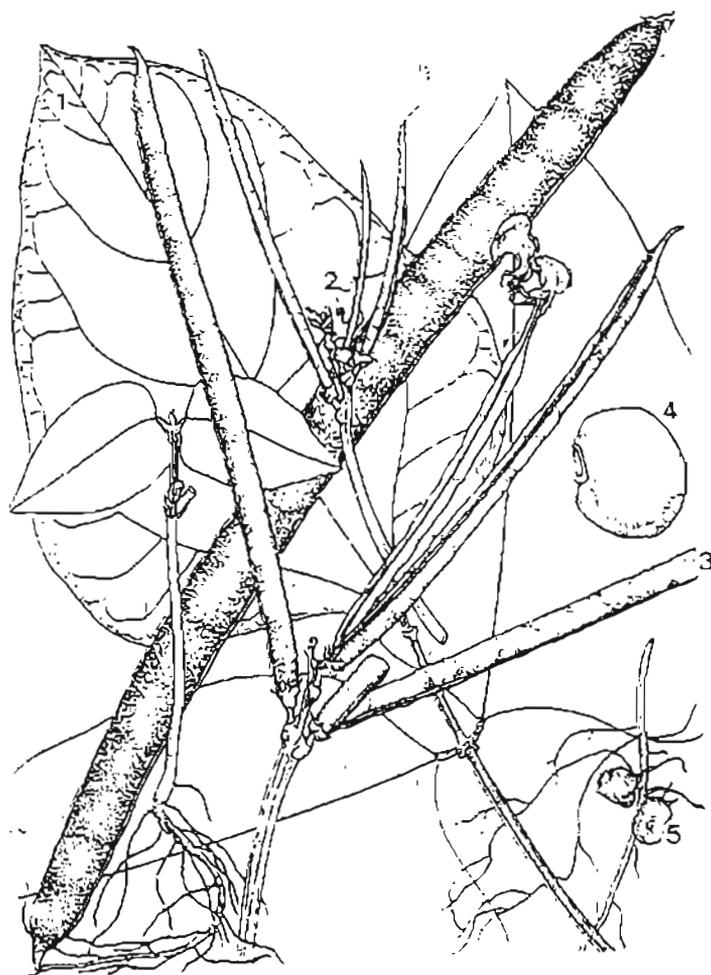
Le niébé, *V. unguiculata* Walp (figure 1), est une plante cultivée longtemps exploitée par l'homme. Son origine fut longtemps controversée. Il serait connu en Inde plusieurs années avant le christianisme (Ng & Marechal, 1985). Mais actuellement, on pense qu'elle a été introduite à partir de l'Afrique de l'Est et notamment de l'Ethiopie (Marechal & Baudoin, 1985). La région d'origine de domestication du niébé serait l'Afrique de l'Ouest (Faris, 1965). La classification du niébé cultivé en Afrique de l'Ouest est la suivante (Marechal *et al.*, 1978 a ; Ouedraogo, 1978 ; 1991) :

Famille	: Légumineuses.
Sous famille	: Papilionaceae.
Genre	: <i>Vigna</i> .
Espèce	: <i>unguiculata</i> .
Sous espèce	: <i>unguiculata</i> Walp Verdc.

Le niébé est une plante annuelle autogame, présentant de grandes variabilités morphologiques en relation avec le nombre élevé de ses variétés (Smartt, 1976 ; Borget, 1989 ; Mémento, 1991). Le port peut être buissonnant, érigé, semi-érigé, prostré, rampant, voire volubile. Les tiges, de section circulaire, sont grêles, parfois cannelées et glabres. Les feuilles, trifoliolées, ont une pilosité faible ou nulle, avec des stipules éperonnées à la base. Les folioles, ovales, aiguës, sont généralement entières, parfois lobées. Les fleurs, de couleur blanche, jaunâtre, bleu pâle, rose ou violette, sont à l'extrémité d'un long pédoncule, formant des grappes axillaires. Les gousses indéhiscentes, de forme cylindrique plus ou moins comprimée, voire aplatie, sont dressées par paire, formant un V. Leur paroi est brune ou pourpre. Les graines, au nombre de 8 à 20 par gousse et de forme ellipsoïde, plus ou moins arrondie, ont un tégument épais, de couleur blanche, blanc rosé, brune ou rosée. Le hile est souvent cerné de noir ou de brun, tranchant sur la teinte du tégument.

Figure 1: Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (source : Berhaut, 1976).

- 1 : Feuille
- 2 : Inflorescence
- 3 : Gousse
- 4 : Graine
- 5 : Système racinaire avec nodosités



2. La culture du niébé : écologie, croissance et développement.

Dans la zone Soudano-sahélienne, le niébé est cultivé sur une large gamme de sols et de conditions climatiques, et peut relativement tolérer la chaleur et les conditions sèches (Mémento, 1991). Le niébé est rarement cultivé en monoculture. En Afrique, dans la pratique traditionnelle, il est presque exclusivement cultivé en association avec des céréales (sorgho, mil, maïs), mais aussi avec l'arachide, le coton et les plantes à tubercules (Kassam, 1976). Au Burkina Faso, les paysans mélangent les graines de niébé et de céréales et les sèment ensemble dans les mêmes poquets. Les semis ont lieu au début de la saison des pluies, entre Juin et Juillet selon les régions. En culture traditionnelle, le niébé n'est soumis à aucun traitement phytosanitaire particulier.

Le niébé se cultive à la fois sur des sols sablonneux ou argileux, fertiles ou pauvres et même sur des sols acides lorsque le drainage est adéquat. La plante préfère les sols légèrement acides (pH 6,5), légers, bien drainés et pourvus d'éléments nutritifs (Kassam, 1976).

Lorsque les graines sont semées à une profondeur convenable (2 à 3 cm), à une température optimale (28° C), la germination est épigée et les plantules émergent en 2 à 3 jours (Summerfield *et al.*, 1985). La floraison débute par l'apparition de boutons floraux. Le temps de floraison est fonction de la variété et de la photosensibilité. Certaines variétés non photosensibles ont une floraison échelonnée avec maturation précoce. Les variétés photosensibles sont adaptées aux conditions sahéliennes et soudano-sahéliennes (Summerfield *et al.*, 1985).

La gousse de niébé présente au cours de sa croissance, quatre stades correspondant à des caractéristiques phénologiques (figure 2). Ces quatre stades tenant compte du développement des graines et de la couleur de la gousse sont (Alzouma & Huignard, 1981) :

- Le stade 1 : les gousses sont vertes ; les graines ne sont pas apparentes sous le péricarpe.
- Le stade 2 : les graines sont nettement formées ; la gousse apparaît bien verte.
- Le stade 3 : la gousse perd sa coloration verte ; le péricarpe est en voie de déshydratation.
- Le stade 4 : phase de dessèchement de la gousse contenant les graines mûres.

Figure 2: Les différents stades phénologiques des gousses de niébé.

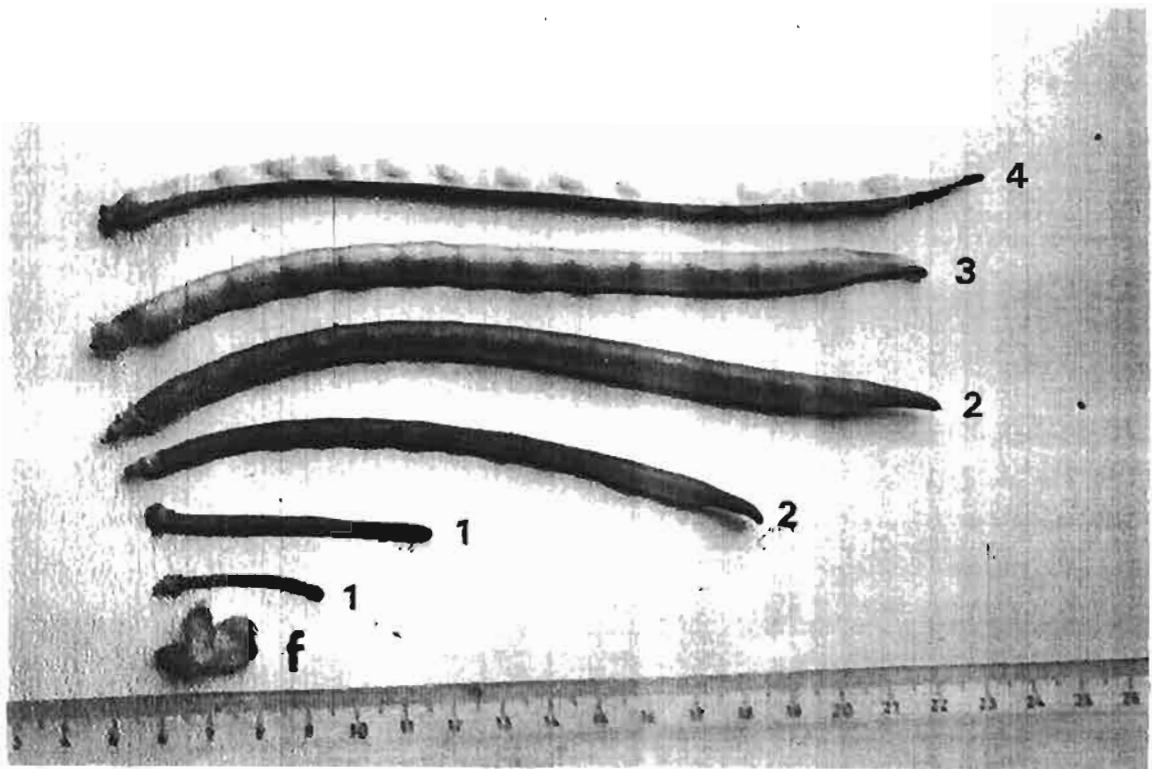
f : Fleur

1 : Gousses vertes de stade 1

2 : Gousses vertes de stade 2

3 : Gousse mûre de stade 3

4 : Gousse sèche de stade 4



3. Récolte et conservation.

Lorsque les gousses arrivent à maturité, elles sont récoltées manuellement, puis séchées au soleil. Elles peuvent séjourner longtemps dans les champs et recevoir les pontes des bruches. Les variétés précoces sont récoltées entre la fin du mois d'Août et le début du mois de Septembre, tandis que les variétés tardives sont récoltées entre Octobre et Novembre.

La conservation du niébé peut se faire soit en gousses, soit en graines après écosage. Ces deux procédés sont utilisés au Burkina Faso et le niébé est conservé dans des greniers en banco (mélange d'argile et de paille) ou en paille (tiges de *Pennisetum typhoides* Burm. ou d'*Andropogon gayanus*), dans des jarres d'argile cuite (Dabire, 1992). Afin de protéger les graines contre les attaques des bruches, les paysans les mélangent à la cendre de bois ou au sable fin. Des extraits ou des parties de plantes à propriétés insecticides ou insectifuges de même que la chaleur ou certains produits naturels comme le sel, l'argile, la chaux éteinte sont utilisés (Maïga, 1987 ; Zehrer, 1987 ; Dabire, 1992). Les plantes les plus fréquemment utilisées sont : *Hypsis spicigera* Lam. (Labiées), à propriétés insectifuges et *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. (Capparidacées), à propriétés insecticides (Ouedraogo, 1995). D'autres plantes toxiques comme le neem, *Azadirachta indica* Juss (Méliacées) sont également employées (Jotwani & Sircar, 1967 ; Dreyer, 1987 ; Jackai & Oyediran, 1991 ; Seck *et al.*, 1991 ; Ketkar & Ketkar, 1995).

La protection des stocks par l'utilisation des produits chimiques pesticides n'est pas fréquente par les petits exploitants agricoles en raison du coût élevé de ces pesticides.

4. Importance alimentaire, agronomique et économique du niébé.

Les légumineuses sont cultivées pour leurs apports en nourriture pour l'homme et le bétail ou en engrais verts pour le sol. C'est le cas par exemple pour le soja, l'arachide, le niébé, le vouandzou... Ces légumineuses en général, occupent le second rang dans l'alimentation des populations des régions sahéliennes et soudano-sahéliennes, après les céréales. Là où les protéines animales sont rares, elles fournissent une large proportion des besoins en protéines (Huignard, 1985). Le Burkina Faso avec 95 000 t en 1985 (Rachie, 1985) et 245 000 t après la campagne agricole 1993-1994 (ENSA, 1996), est le 3^{ème} producteur africain en graines de niébé après le Nigeria avec 1,5 millions

de tonnes et le Niger avec 368 000 t (Rachie, 1985 ; Nwokolo & Ilechukwu, 1996). La production nationale qui était habituellement autoconsommée (Ouedraogo, 1991), est de plus en plus exportée vers les pays côtiers (Nigeria et Ghana surtout). Sur les marchés locaux, les prix de vente varient au cours de l'année et également d'une année à l'autre en fonction de la réussite de la campagne agricole.

Le niébé est consommé sous forme de mets variés. Ses graines sont riches en glucides (48,5% du poids sec), en protéines (25,4 % du poids sec) et pauvres en composés secondaires. Elles contiennent la plupart des acides aminés indispensables à la nutrition humaine à l'exception des acides aminés soufrés (Smartt, 1976 ; Bressani, 1985). Bien qu'il soit déficient en méthionine, en cystine, en tryptophane et en cystéine, le niébé est supplémenté en ces différents éléments par les céréales car ils sont consommés en général ensemble. Les feuilles et les tiges ramassées après la récolte des gousses et appelées fanes, constituent du fourrage pour les animaux. Ils sont disponibles à la fin de la saison des pluies et se conservent aisément.

Outre sa valeur nutritive, le niébé est capable de survivre dans des sols pauvres à cause de son aptitude à fixer l'azote atmosphérique. Sa culture exige peu d'engrais. En effet, grâce aux *rhizobium* renfermés dans les nodosités de ses racines, le niébé peut réaliser la fixation symbiotique de l'azote de l'air. Ainsi, il est nécessaire dans les rotations et les associations de cultures et pour l'amélioration des sols (Smartt, 1976 ; Rachie, 1985).

Le niébé manifeste des potentialités pharmaceutiques. Il serait efficace contre les furoncles, plaies, oedèmes, panaris et pourrait être utilisé contre les troubles de mémoire (Berhaut, 1976).

Sous certaines conditions de préparation, les graines de niébé peuvent se révéler toxiques et leur consommation présenter quelque danger. En effet, des composés cyanogénétiques antimétaboliques, des inhibiteurs de protéase (trypsine), des lectines ou photohémaglutines ont été décelés. Ces composés sont en dose très faible et une bonne cuisson avant la consommation élimine les risques d'intoxication (Smartt, 1976 ; Borget, 1989).

5. Les insectes ravageurs du niébé.

Le niébé est affecté tout au long de son cycle végétatif et reproducteur, puis dans les stocks (Jackai & Daoust, 1986) par des insectes, des maladies virales et fongiques et la concurrence des mauvaises herbes. Il l'est également par des facteurs abiotiques tels les problèmes climatiques et édaphiques (Rachie, 1985), ainsi que les pratiques culturales défectueuses.

5.1. Les principaux insectes ravageurs du niébé en culture.

Selon Singh & Allen (1979 ; 1980) au Nigeria et Ouedraogo (1985) au Burkina Faso, les insectes nuisibles au niébé peuvent être classés de la manière suivante :

a- Les insectes de la pré-floraison.

Ils regroupent essentiellement :

- Les Homoptères piqueurs-suceurs de sève regroupant les Jassidae (*Empoasca spp*) et les Aphidae (*Aphis spp*). Ces insectes envahissent les plants de niébé en début du cycle de croissance. Les attaques des Jassides, représentés en Afrique par *Empoasca dolichi* Paoli, font que les bords et les nervures des feuilles prennent une coloration jaunâtre. Le limbe s'enroule vers le bas avec des symptômes analogues à ceux des viroses (Singh & Van Emden, 1979 ; Singh, 1985). Celles des Aphides dont le principal ravageur est *Aphis craccivora* Koch, se caractérisent par le ralentissement de la croissance des plantes, la déformation des feuilles, la défoliation précoce ou l'avortement des fleurs, la transmission et la diffusion des viroses (Singh & Van Emden, 1979 ; Thottappilly *et al.*, 1990). A Kamboinsé (au Burkina Faso), les pertes de rendements engendrées par l'attaque des pucerons, sont estimées à 40 % (Dabire & Suh, 1988).

- Les Coléoptères du feuillage représentés par *Ootheca mutabilis* Sahlberg (Coleoptera : Chrysomelidae) et par *Medythia quaterna* Fairmaire (Coleoptera : Chrysomelidae) dont les adultes sont d'excellents vecteurs du virus de la mosaïque jaune du niébé (Singh & Van Emden, 1979 ; Singh, 1985 ; Singh & Jackai, 1985).

- Les larves de Lépidoptères consommatrices de feuilles : elles sont représentées par diverses espèces de Lépidoptères (Noctuidae principalement) qui causent de sévères dégâts aux tiges tendres, aux pédoncules et aux feuilles de niébé.

- Les Orthoptères broyeurs de feuilles : ils regroupent diverses espèces dont les plus importantes familles sont : les Pyrgomorphidae (*Pyrgomorpha cognata* Kr. et *Zonocerus variegatus* L.), les Acrididae (*Schistocerca gregaria* Forsk., *Hieroglyphus daganensis* Kr., *Oedaleus senegalensis* Kr. et *Cataloipus cymbiferus* Kr.). Ils peuvent provoquer une défoliation des plantes.

- Les Thysanoptères du feuillage : l'espèce de Thrips rencontrée sur les bourgeons des feuilles de niébé, *Sericothrips occipitalis* Hood (Thysanoptera : Thripidae), provoque une nécrose inter-nervale et une déformation consécutive de la feuille (Singh, 1985).

b- Les insectes de la post-floraison.

Ils sont constitués par :

- Les Thysanoptères des fleurs représentés principalement par *Megalurothrips sjostedti* (Tryb) (Thysanoptera : Thripidae). Lors d'attaques massives par ces insectes, les plantes sont dépourvues de fleurs et celles parvenues à l'épanouissement sont déformées et décolorées ce qui empêche la formation des gousses (Singh & Van Emden, 1979).

- Les Coléoptères des fleurs : il s'agit principalement de Meloïdae (*Mylabris sp*) dont *Mylabris farguharsoni* Blair et *M. biparta* qui dévorent les fleurs de niébé. Aux Meloïdae s'ajoutent les Curculionidae (apions) qui endommagent les gousses de niébé (Singh & Van Emden, 1979).

- Les foreuses de gousses : On distingue notamment des larves de Lépidoptères dont *Maruca testulalis* Geyer (Lepidoptera : Pyralidae), *Cydia ptychora* Meyrick (Lepidoptera : Tortricidae) et *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera : Noctuidae). Aux larves de Lépidoptères s'ajoutent les punaises suceuses de gousses représentées essentiellement par *Anoplocnemis curvipes* (Fabricius) (Heteroptera : Coreidae), *Acanthomia tomentosicollis* Stal et *A. horrida* (Germar) (Hemiptera : Coreidae), *Ritorpus dentipes* (Fabricius) (Hemiptera : Alydidae) et *Nezara viridula* (Linnaeus) (Hemiptera : Pentatomidae). Les pertes de rendements dues à ces suceuses de gousses sont de l'ordre de 30 à 90 % (Singh & Van Emden, 1979).

5.2. Les principaux insectes ravageurs du niébé stocké.

Les principaux ravageurs du niébé en stockage sont constitués par des Coléoptères de la famille des Bruchidae. En zone sahéenne et plus particulièrement au Burkina Faso, *C. maculatus* (Fab.) et *B. atrolineatus* (Pic.) sont les plus fréquemment rencontrés (Caswell, 1961 ; Prevett, 1961 ; Ouedraogo & Huignard, 1981 ; Alzouma, 1987 ; Glitho, 1990 ; Ouedraogo, 1991). Ces insectes se développent aux dépens de légumineuses sauvages ou cultivées du genre *Vigna* (Alzouma *et al.*, 1985 ; Bilal, 1987) et aux dépens d'autres légumineuses (Decelle, 1987).

a- *Bruchidius atrolineatus* Pic.

L'adulte de *B. atrolineatus* est un Coléoptère de petite taille, à corps oblong et de couleur fauve à roux (De Luca, 1968). Les mâles portent des antennes fortement pectinées et de coloration différente de celle des femelles. Les femelles ont des antennes serrulées testacées et sont plus grosses que les mâles (De Luca, 1968) (figure 3).

Dans les cultures, les femelles pondent de préférence sur les gousses jeunes mais peuvent également déposer leurs oeufs sur les gousses mûres (figure 3) (Alzouma & Huignard, 1981 ; Alzouma *et al.*, 1985 ; Alzouma, 1987 ; Monge & Germain, 1988). Les oeufs déposés le long des sutures, surtout ventrales (Alzouma & Huignard, 1981), présentent un aspect fusiforme (figure 3). Au moment de la ponte, l'oeuf est enrobé d'une substance visqueuse. Celle-ci pénètre dans les stomates de la gousse où elle durcit, ce qui constitue un système d'adhérence très efficace sur le végétal (Biemont *et al.*, 1982).

Les adultes de cette bruche tropicale entrent en **diapause reproductrice** durant la saison sèche quand les gousses de leur plante-hôte ne sont plus disponibles (Huignard *et al.*, 1984 ; 1985 ; Germain *et al.*, 1987). L'apparition de l'état diapausant chez *B. atrolineatus* dépend essentiellement des conditions climatiques dans lesquelles a lieu le développement post-embryonnaire (Germain, 1988 ; Glitho, 1990 ; Lenga, 1991 ; Lenga *et al.*, 1991). Dans la nature au Niger, ce sont les basses températures observées de Décembre à Janvier qui vont induire l'apparition des formes diapausantes (Monge *et al.*, 1988 ; 1989 ; Huignard *et al.*, 1989 ; Lenga *et al.*, 1990). Au laboratoire, une grande proportion d'adultes diapausants émerge quand les insectes se développent dans des conditions de

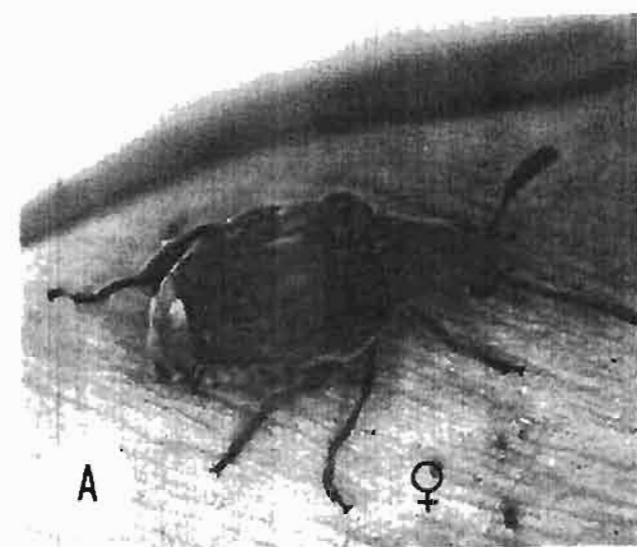
Figure 3: Adultes de *B. atrolineatus* Pic. et pontes des femelles sur les gousses.

A : Adulte femelle de *B. atrolineatus*

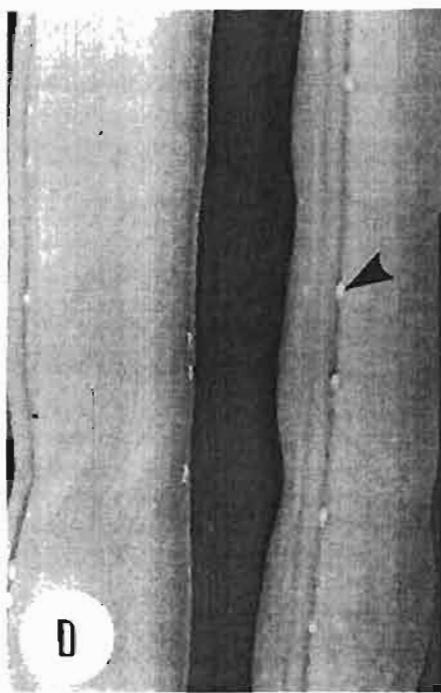
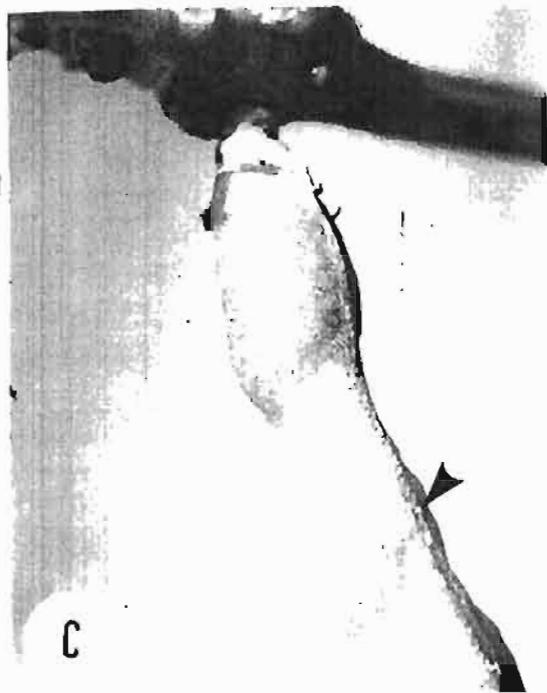
B : Adulte mâle de *B. atrolineatus*

C : Pontes sur les gousses vertes

D : Pontes sur les gousses mûres



1,06 mm



jours longs et à des thermopériodes caractérisées par de basses ou des températures élevées (Lenga *et al.*, 1991 ; Lenga & Huignard, 1992).

Comme l'ont montré Tauber et Tauber (1976), Tauber *et al.* (1984), Denlinger (1986) et Danks (1987), la diapause est un processus physiologique complexe dont l'induction et la levée dépendent des variations des facteurs environnementaux agissant comme des indicateurs saisonniers. Elle joue donc un rôle majeur dans l'adaptation des insectes aux variations spatio-temporelles de leur environnement. La diapause se caractérise par de profondes modifications du comportement, de la physiologie des insectes et dans certains cas, par l'acquisition d'une résistance accrue aux conditions extrêmes (Tauber *et al.*, 1984 in Germain, 1988). Son intensité dépend des conditions d'induction. Elle est très intense et plus difficile à lever lorsqu'elle est induite par de basses températures (Glitho *et al.*, 1991). La levée de la diapause dépend de plusieurs facteurs dont la photopériode, la thermopériode, l'humidité relative et la présence des inflorescences et des gousses de la plante-hôte (Germain *et al.*, 1985 ; Huignard *et al.*, 1987 b ; Lenga *et al.*, 1991 ; 1993 ; Lenga & Huignard, 1992). La position systématique de *B. atrolineatus* se présente comme suit :

Ordre : Coléoptères.
 Super famille : Phytophagoïdae.
 Famille : Bruchidae.
 Sous famille : Bruchinae.
 Genre : *Bruchidius*.
 Espèce : *atrolineatus* (Pic).

b- *Callosobruchus maculatus* (Fab.).

L'adulte de *C. maculatus* est un petit Coléoptère dont le corps est oblong et généralement rougeâtre, recouvert de poils blancs à blanc-jaunâtres. A l'émergence de l'adulte des graines, une partie de l'abdomen dépasse légèrement les élytres. Une coloration différente des élytres et du pygidium permet de distinguer le mâle de la femelle. Les antennes filiformes, sont de couleur brune. Une phéromone sexuelle, émise par la femelle, permet la rencontre des sexes (Jacobson, 1972 ; Lextrait, 1990). Dans les cultures, les femelles pondent de préférence leurs oeufs sur les gousses mûres ou jaunissantes (Ouedraogo & Huignard, 1981). Les oeufs de forme ovale, sont déposés sur toute la surface des gousses et s'y fixent grâce à une substance adhésive comme chez *B. atrolineatus*

(Ouedraogo & Huignard, 1981 ; Biemont *et al.*, 1982 ; Alzouma, 1987). *C. maculatus* présente quatre stades larvaires et un stade nymphal. L'apparition de ces stades dépendent des conditions de température et d'humidité relative des graines où a lieu le développement (Ouedraogo, 1978 ; 1991).

Les études réalisées chez *C. maculatus* (Howe & Currie, 1964 ; Bellows, 1982) ont montré l'importance des variations climatiques sur l'évolution des populations de cette espèce. Le taux de survie larvaire, la durée de développement et l'induction du polymorphisme imaginal (Ouedraogo *et al.*, 1991) dépendraient des conditions thermiques et hygrométriques prévalant durant le développement post-embryonnaire. Dans une enceinte où l'humidité relative est 70 % constant, le cycle de développement est de 32 à 48 jours à 20° C et de 22 à 32 jours à 29° C. Les adultes ne se nourrissent pas des denrées stockées (Ouedraogo, 1978).

Il existe un polymorphisme imaginal chez cet insecte. Ce polymorphisme imaginal est induit pendant le développement embryonnaire et/ou post embryonnaire. Il dépend des conditions de température et de teneur en eau des graines dans lesquelles celui-ci a lieu (Ouedraogo, 1991 ; Ouedraogo *et al.*, 1991). Deux formes d'adultes ont été décrites par Utida (1954 ; 1972), Caswell (1960) et étudiées par Ouedraogo (1978 ; 1991). Ces formes diffèrent par des caractères morphologiques, physiologiques et comportementaux (figure 4).

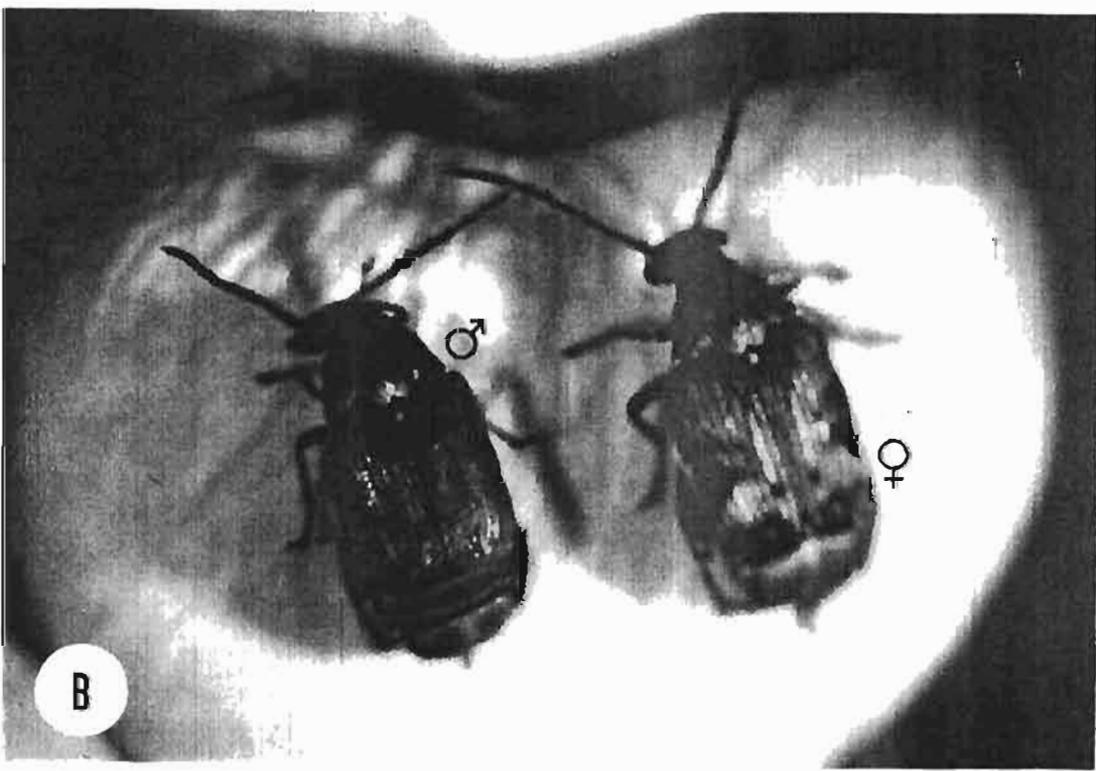
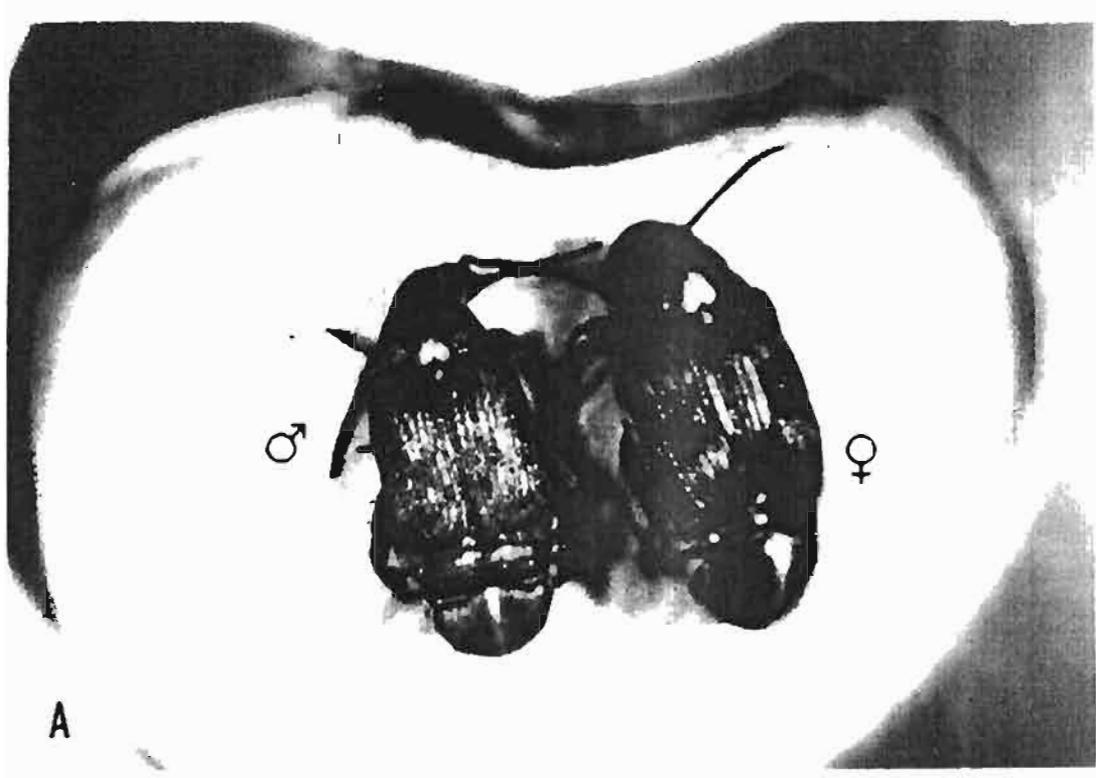
- La forme non voilière.

Les adultes de cette forme ont un corps généralement brun rougeâtre et ne se déplacent que par la marche. Les antennes des formes non voilières sont plus longues que celles des adultes voiliers (Utida, 1974). Chez la femelle, les élytres portent quatre taches noires caractéristiques, deux grandes au milieu, deux petites, à leurs extrémités postérieures. Le pygidium présente deux taches noires séparées par une ligne pubescente recouverte de poils blancs. Chez le mâle, le prothorax, les élytres et le pygidium sont généralement recouverts de poils blancs. Le pygidium ne porte aucune tache noire (figure 4 A) (Ouedraogo, 1991). Pendant toute la saison sèche, les adultes de cette forme se reproduisent et se développent sur les gousses et les graines stockées.

Figure 4: Adultes de *C. maculatus* (F.)

A : Adultes mâle et femelle de la forme non voilière

B : Adultes mâle et femelle de la forme voilière



- La forme voilière.

Les adultes émergeant des graines sont capables de voler. Le corps a une coloration générale brun noir à gris noir. Chez la femelle, les élytres portent quatre grosses taches noires tandis que le prothorax et le pygidium sont recouverts de poils. L'appareil génital est, à l'émergence, immature (Ouedraogo, 1991). Chez le mâle, les taches noires portées par les élytres, sont en forme de faucille. Les taches situées vers les extrémités postérieures des élytres sont petites et diffuses (figure 4 B). Classiquement, les adultes voiliers sont en **quiescence reproductrice** à l'émergence des graines. La quiescence reproductrice est une adaptation qui entraîne des modifications beaucoup moins importantes de la physiologie des insectes. C'est une adaptation à des variations plus irrégulières de l'environnement (Tauber & Tauber, 1981 ; Tauber *et al.*, 1984). Elle se caractérise par un arrêt momentané de la reproduction avec une reprise rapide. Or de récents travaux ont montré que les adultes voiliers présentaient une véritable diapause reproductrice identique à celle observée chez *B. atrolineatus* (Glitho, 1990 ; Glitho *et al.*, 1996 ; Huignard, comm. pers.). A l'approche et pendant la saison des pluies, ce sont surtout les adultes voiliers qui émergent des graines. Ils s'envolent vers les cultures et une fois leur appareil reproducteur fonctionnel, ils déposent leurs oeufs sur les gousses. Ils seraient à l'origine de l'infestation des cultures de niébé (Sano-Fujii, 1984 ; Huignard *et al.*, 1985).

La position systématique de *C. maculatus* est la suivante :

Ordre	: Coléoptères.
Super famille	: Phytophagoïdae.
Famille	: Bruchidae.
Sous famille	: Bruchinae.
Genre	: <i>Callosobruchus</i> .
Espèce	: <i>maculatus</i> (Fab.)

6. Les insectes parasitoïdes des bruches.

De nombreux ennemis naturels, principalement des Hyménoptères parasitoïdes, se développent aux dépens des oeufs, des larves et des nymphes des Bruchidae ravageurs des graines et gousses de niébé en stockage. Ces insectes se nourrissent soit de fleurs (Riba & Silvy, 1989), soit de l'hémolymphe de l'hôte piqué au moment de la ponte. La découverte de l'hôte se fait grâce à des kairomones agissant à courte distance ou par contact direct (Vinson, 1984). Plusieurs phases sont observées dans le déroulement du processus parasitaire (Vinson, 1976) :

- Recherche de l'habitat de l'hôte
- Localisation de l'hôte
- Reconnaissance, exploration et détection de la qualité de l'hôte
- Décision ou non de pondre
- Développement sur (ectoparasitoïdes) ou dans l'hôte (endoparasitoïdes) dans le cas où la ponte a lieu.

En zone sahélienne, trois familles ont été distinguées aussi bien dans les champs que dans les stocks (Lammers & Van Huis, 1989 ; Monge & Huignard, 1991 ; Van Huis *et al.*, 1991 a) :

- La famille des Trichogrammatidae.

L'espèce la plus fréquemment rencontrée, *Uscana lariophaga* Steffan, est un parasitoïde oophage ayant une taille réduite (Lammers & Van Huis, 1989). Le thorax et l'abdomen sont de couleur noire (figure 5 A). Les mâles se distinguent des femelles par la taille de leurs antennes qui sont de couleur jaune-brun comme la tête et les pattes. Chez les mâles, les antennes sont courtes avec une forme terminale obtuse, alors que chez les femelles, les antennes sont plus longues avec une mince extrémité lancéolée (Steffan, 1954). Les femelles déposent leurs oeufs sur ceux des bruches avant la formation de la larve de premier stade et l'oeuf parasité prend une coloration brune ou noire (figure 5 B). A 30° C et en absence de nourriture, les adultes ont une longévité de 2,5 jours et la fécondité moyenne par femelle est d'environ 25 oeufs (Van Huis *et al.*, 1991 a). La température, l'humidité et l'alimentation jouent un rôle important sur l'efficacité de ce parasite des oeufs de bruches (Van Huis, 1993 ; Van Huis *et al.*, 1991 a ; 1991 b ; 1994 a ; Van Alebeek, 1996). De même les odeurs de la plante-hôte et celles de l'hôte adulte peuvent également accroître le parasitisme des

Figure 5: *U. lariophaga* Steff. et parasitisme des oeufs de bruches.

A : Adulte de *U. lariophaga*

B : Gousse mûre de niébé portant:

os : oeuf sain de bruches

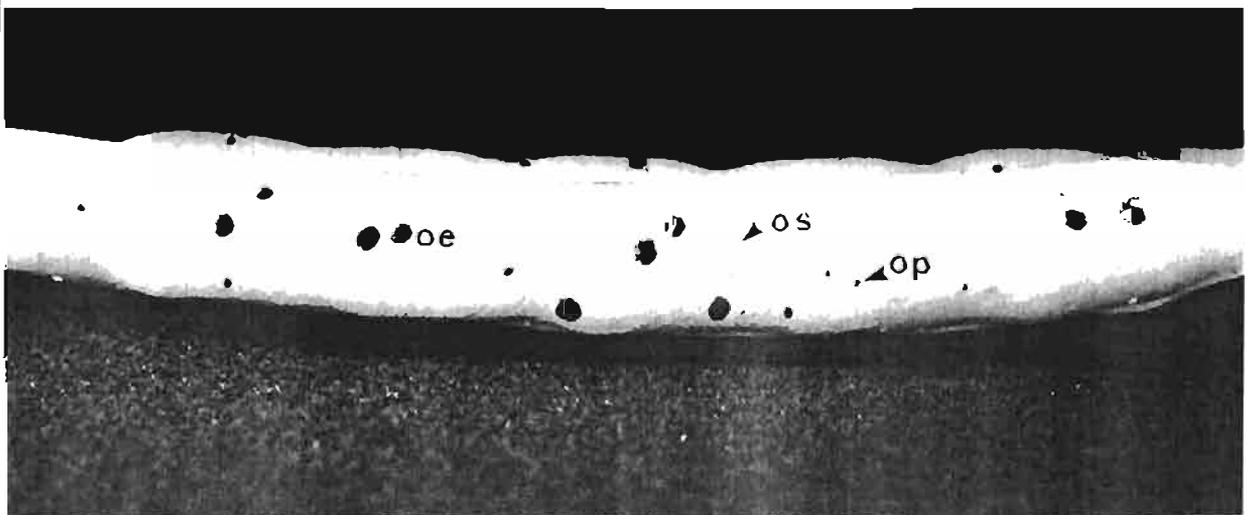
op : oeuf parasité par *U. lariophaga*

oe : orifice d'émergence des adultes de bruches

0,33 mm



A



B

parasitoïdes oophages (Bar *et al.*, 1979 ; Lewis *et al.*, 1982 ; Nordlund *et al.*, 1984 ; 1985 ; Noldus, 1989 ; Van Huis *et al.*, 1994 b ; Van Alebeek, 1996).

La position systématique de *U. lariophaga* se présente comme suit :

Ordre	: Hyménoptères
Super famille	: Chalcidoidea
Famille	: Trichogrammatidae
Genre	: <i>Uscana</i>
Espèce	: <i>lariophaga</i> Steffan

- La famille des Eupelmidae.

Les adultes sont de couleur bronze irisée de vert. Les femelles sont en général plus grandes que les mâles et présentent une longue tarière à l'extrémité de l'abdomen (figure 6 A). Elle compte deux principales espèces larvophages : *Eupelmus vuilleti* Crw et *E. orientalis* Crw.

E. vuilleti est un ectoparasitoïde solitaire, c'est-à dire que quel que soit le nombre d'oeufs déposés sur l'hôte, un seul individu adulte est capable de s'y développer. Il s'oppose aux parasitoïdes grégaires, chez qui plusieurs individus peuvent se développer aux dépens d'un même hôte. Les femelles d'*E. vuilleti* utilisent les galeries larvaires pour déposer leurs oeufs lisses, translucides et de forme allantoïde sur les hôtes. L'oeuf mesure environ 800 µm de long sur 200 µm de large et porte un pédicelle à son pôle micropylaire. Le développement de l'oeuf à l'adulte comporte cinq stades larvaires, un stade prénympgal et un stade nympgal (Ndoutoume-Ndong, 1996).

Les femelles d'*E. vuilleti* sont capables de déposer plusieurs oeufs sur un même hôte. Il y a dans ce cas **superparasitisme** (Cortesero, 1994 ; Gauthier *et al.*, 1996). Chez ce parasitoïde solitaire, la compétition intraspécifique aboutit en général à la destruction des oeufs ou des larves surnuméraires (Cortesero, 1994). Elles peuvent également déposer leurs oeufs sur des hôtes déjà parasités par une autre espèce concurrente, par exemple *D. basalis* (**multiparasitisme**). Elles peuvent même manifester des comportements d'**hyperparasitisme**, c'est-à dire parasiter des larves d'un autre parasitoïde (Levêque *et al.*, 1993). En situation de compétition interspécifique, *E. vuilleti* présente un comportement très agressif vis-à-vis de *D. basalis*. Soit il pique les larves de *D. basalis* en cas de phase de prospection de l'hôte et leur injecte du venin, soit ses larves tuent celles de *D.*

Figure 6: Adultes des Hyménoptères parasitoïdes larvaires.

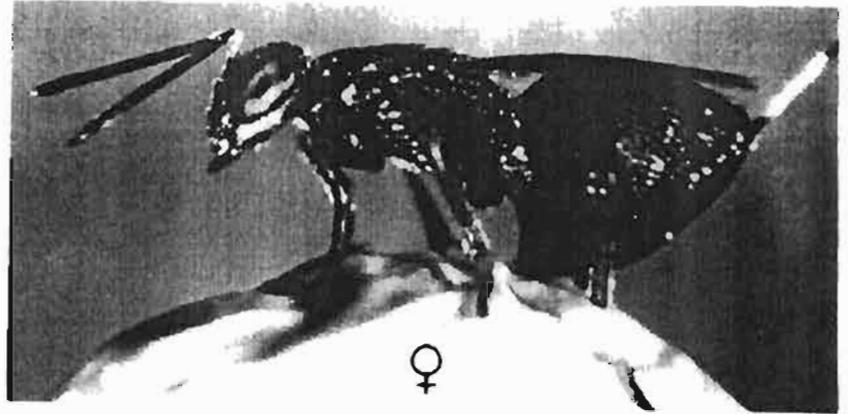
A : Adultes mâle et femelle de *E. vuilleti* Crw.

B : Adultes mâle et femelle de *D. basalis* Rond.

0,75 mm

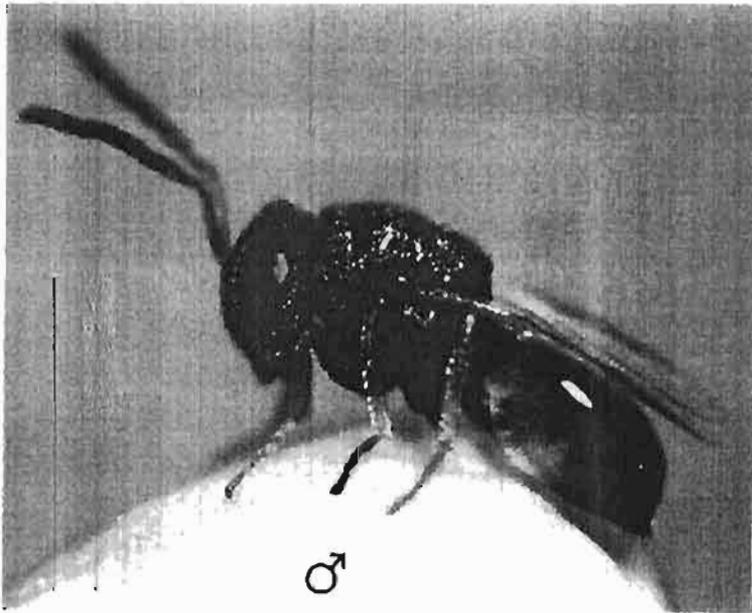


0,83 mm

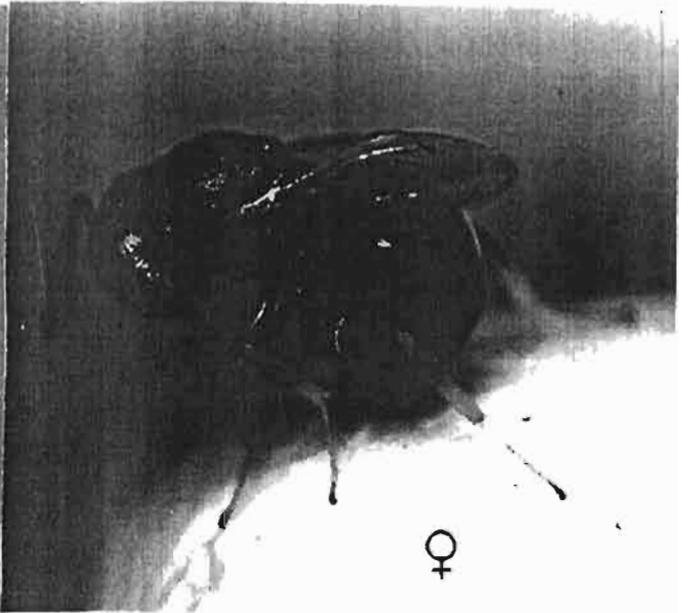


A

0,68 mm



0,96 mm



B

basalis quel que soit le stade de développement de ces dernières (Doury *et al.*, 1995 ; Gauthier *et al.*, 1996) . Dans certains cas d'hyperparasitisme, les femelles d'*E. vuilleti* peuvent déposer leurs oeufs dans la logette près de l'hôte (larve de *D. basalis*). Dans ce cas la larve néonate d'*E. vuilleti* repère l'hôte qui n'a pas été neutralisé par la femelle lors de la ponte et le parasite (Rojas-Rousse *et al.*, 1995). Cette possibilité de développement de larves parasitoïdes sur des hôtes non paralysés par les femelles a été également observée chez *E. orientalis* (Doury *et al.*, 1995). La position systématique d'*E. vuilleti* se présente comme suit :

Ordre : Hyménoptères
 Super famille : Chalcidoidea
 Famille : Eupelmidae
 Genre : *Eupelmus*
 Espèce : *vuilleti* (Crwf.)

- La famille des Pteromalidae.

L'espèce la plus rencontrée est *D. basalis* (Rond.), qui comme *E. vuilleti*, est un ectoparasite solitaire, larvophage, dont les larves se développent aux dépens des larves et nymphes de diverses espèces de bruches (Rasplus, 1989). Les femelles se distinguent des mâles par une coloration uniformément noire de l'abdomen et par la présence d'un ovipositeur court à l'extrémité de l'abdomen. L'abdomen des mâles porte transversalement une petite bande blanchâtre (figure 6 B). Les femelles utilisent ici aussi les galeries larvaires des bruches ou creusent leurs propres galeries pour déposer leurs oeufs de forme oblongue et ne portant aucun pédicelle. L'oeuf mesure 600 µm de long et 150 µm de diamètre.

Le développement post embryonnaire est plus court comparativement à *E. vuilleti*. La durée de développement chez les mâles est de 13 jours en moyenne et de 14,5 jours en moyenne chez les femelles dans les conditions 33 : 28° C (Sanon, 1997). Il comporte trois stades larvaires et un stade nymphal (Gomez-Alvarez, 1980).

Les études de Gauthier (1996) et de Gauthier *et al.* (1996) montrent que les femelles de *D. basalis* ont tendance à éviter le superparasitisme. Elles sont capables de reconnaître des hôtes sains ou des hôtes parasités de 8 à 72 h. Wai et Fujii (1990) ont montré que le taux de survie du deuxième oeuf pondu dépend de l'intervalle de temps entre la première et la deuxième ponte. Quand

l'intervalle est de 24 ou 72 h, le deuxième oeuf a un taux de survie de 30,2 et 32,9 % respectivement. Ce taux est de 95 % quand l'intervalle de temps est de 48 h (Gauthier *et al.*, 1996). *D. basalis* est défavorisé en situation de multiparasitisme avec *E. vuilleti*. Ses larves sont détruites par celles d'*E. vuilleti* dont les mandibules sont munies de crochets intervenant pendant les combats interlarvaires. Il a tendance à éviter les hôtes parasités par *E. vuilleti* quel que soit l'âge des oeufs présents sur l'hôte (Van Alebeek, 1991 ; Van Alebeek *et al.*, 1993 ; Levêque *et al.*, 1993 ; Monge *et al.*, 1995 ; Gauthier, 1996 ; Sanon, 1997). La position systématique de *D. basalis* est la suivante :

Ordre : Hyménoptères
Super famille : Chalcidoidea
Famille : Pteromalidae
Genre : *Dinarmus*
Espèce : *basalis* Rond.

CHAPITRE 2

**ETUDE DE LA COLONISATION DES CULTURES DE NIEBE
PAR LES BRUCHES ET LEURS PARASITOIDES.**

INTRODUCTION

Les femelles de *Callosobruchus maculatus* Fab. et *Bruchidius atrolineatus* Pic déposent leurs oeufs sur les gousses dans les cultures et les attaques qui y débutent se poursuivent dans les structures de stockage. Le développement des larves dans les cotylédons des graines entraîne des pertes considérables (Caswell, 1961). Au Niger, dans la région de Niamey, Alzouma (1987) a montré que 70 à 90 % des gousses récoltées en Octobre à la fin de la saison des pluies portaient des oeufs de *B. atrolineatus* et 40 à 58 % des oeufs de *C. maculatus*. Il observe une très forte mortalité qui est essentiellement due :

- aux pluies qui provoquent des décollements d'oeufs
- aux prédateurs et parasitoïdes et notamment à *U. lariophaga* qui peut parasiter un fort pourcentage d'oeufs de *C. maculatus* (5 à 27 %).

A la récolte, 5 à 6 % des graines venant d'être récoltées présentent des trous d'émergence d'adultes lorsque l'on considère la première génération de ces insectes en laboratoire (Ouedraogo, 1991). Ce nombre est cependant suffisant pour provoquer la destruction d'un fort taux de graines stockées après trois à quatre mois de stockage, malgré la présence des parasitoïdes (Caswell, 1961 ; Pevett, 1961 ; Alzouma, 1981 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 b).

Une protection efficace des récoltes contre ces ravageurs nécessite une connaissance précise de leur écologie aussi bien dans les cultures que dans les stocks. La présente étude a donc pour but :

- d'analyser l'état de l'appareil reproducteur des bruches capturées dans les cultures ;
- de déterminer la période d'arrivée des Hyménoptères parasitoïdes dans ces cultures ;
- d'examiner le nombre d'oeufs déposés par ces bruches sur les gousses à la récolte ;
- d'estimer le nombre d'oeufs attaqués par l'Hyménoptère oophage *U. lariophaga* ;
- de suivre les émergences d'insectes à partir des gousses récoltées dans deux types de cultures (culture pure de niébé et culture associée niébé-sorgho) et d'estimer les taux d'infestation initiale des graines.

I. MATERIELS ET METHODES.

I.1. Matériel végétal et dispositif expérimental

Le matériel végétal est constitué par la variété locale de niébé dite *Kamboincé locale* à port rampant et à graines blanches et rugueuses, très sensibles aux bruches (Ouedraogo, 1985). Son cycle de développement est d'environ 90 jours et il est largement cultivé dans toutes les zones agroclimatiques du Burkina Faso. Les essais d'association de culture ont été réalisés avec la variété locale de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), dite *gnofing*.

Cette étude a été conduite essentiellement à la station expérimentale de Gampéla sur des terrains expérimentaux aménagés en parcelles de 800 m² séparées les unes des autres par des distances de 2 m. Dans ces parcelles sont réalisées (figure 7A et 7B) :

- soit des monocultures de niébé
- soit des cultures associées niébé-sorgho dans les mêmes poquets.

Les lignes de semis sont séparées les unes des autres de 0,80 m. La même distance est aménagée entre les poquets.

A la levée, outre le démariage à deux plants par poquet, les parcelles n'ont été ni fertilisées, ni traitées aux pesticides, ni irriguées artificiellement.

I.2. Méthodes d'échantillonnage et paramètres étudiés

I.2.1. Estimation des effectifs de bruches présentes dans les cultures de niébé et analyse de leur état reproducteur

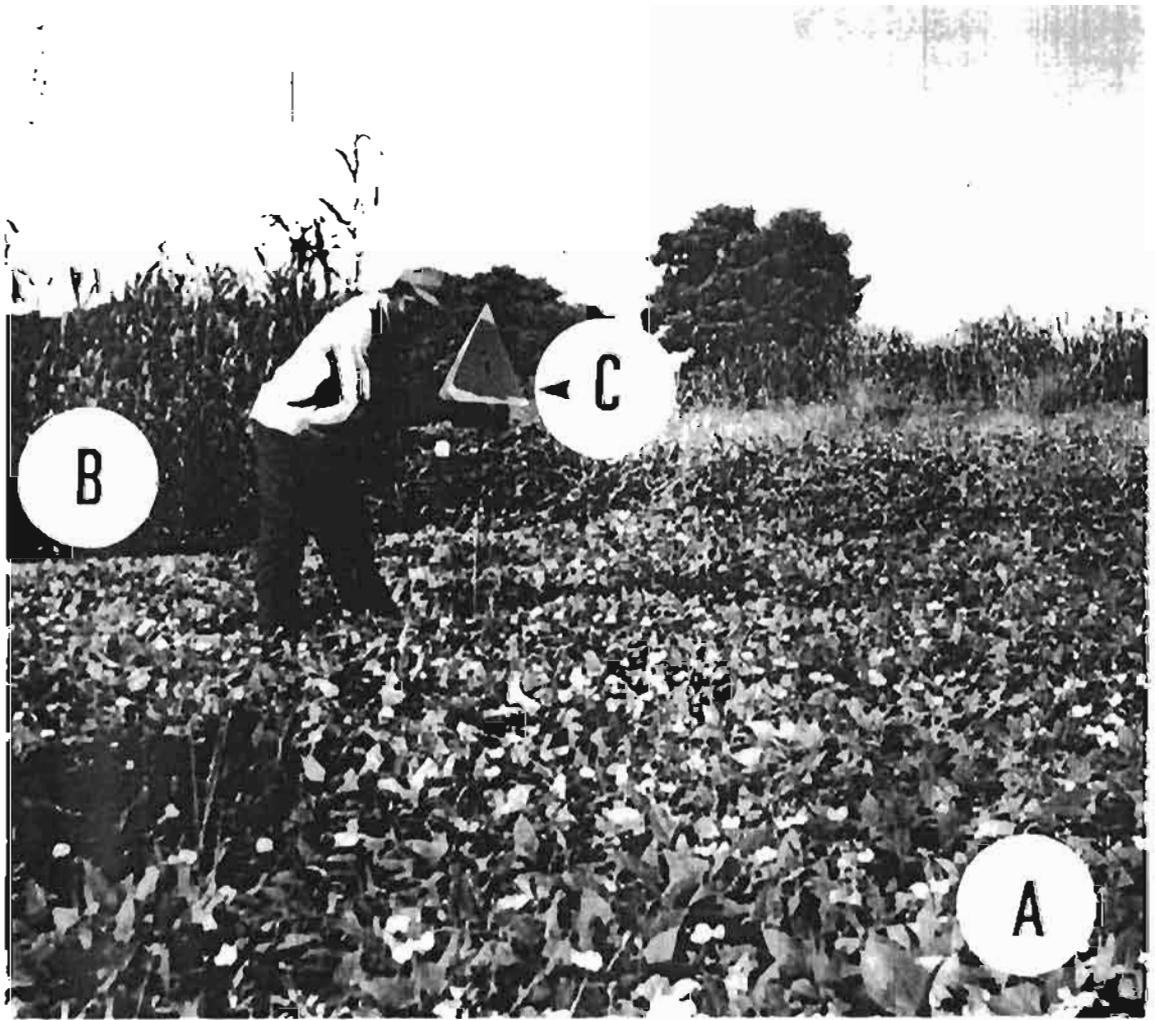
Les bruches adultes sont capturées dans les cultures grâce à la méthode du filet fauchoir. Elle consiste à effectuer deux fois par semaine 25 coups de filet (de diamètre $d = 0,50$ m) en rasant légèrement le dessus des cultures sur les lignes centrales de semis. Ces insectes capturés tôt le matin (vers 8 h), sont mis dans des flacons contenant de l'alcool à 70°. Au laboratoire, ils sont identifiés, fixés et disséqués sous loupe binoculaire. Leur appareil reproducteur est apprécié en fonction de son état. Il est noté également l'état de développement des plants de niébé (état végétatif, début de floraison, floraison, début de fructification, apparition de gousses, stade de maturation des gousses)

Figure 7: Différents types de cultures du niébé.

A : Cultures pures de niébé

B : Cultures associées niébé-sorgho

C : Dispositif de piégeage pour la détermination de la période d'arrivée des
Hyménoptères parasitoïdes larvaires dans les cultures



I.2.2. Détermination de la période d'arrivée des adultes de parasitoïdes larvaires dans les cultures de niébé par la méthode du piégeage

Nous avons procédé en 1996 à la détermination de la période d'arrivée des Hyménoptères parasitoïdes larvaires dans les cultures par la méthode du piégeage. Le dispositif comprend une petite cage ouverte et grillagée placée à 0,50 m du sol (figure 7C). Dans les deux pièges notés P₁ et P₂, on introduit des graines de niébé contenant des larves de stades 4 de *C. maculatus*. Les graines sont renouvelées une fois par semaine et conservées au laboratoire pour les émergences d'adultes de parasitoïdes de première génération.

I.2.3. Estimation des pontes déposées sur les gousses pendant la période de maturation

Cette étude s'est déroulée dans les cultures au cours de la saison des pluies 1994 dans des parcelles où le niébé est cultivé seul ou en association avec le sorgho. Les semis ont eu lieu le 21 Juillet. La floraison a débuté au 43^{ème} jour après le semis (JAS) et 50 % des plants de niébé étaient en floraison au 53^{ème} JAS. La fructification qui a commencé le 08 Septembre, s'est poursuivie pendant trois semaines.

Dans les parcelles, les gousses sont récoltées dès leur maturation le 08 Octobre 1994. Ainsi on prélève au hasard un échantillon de 1 000 gousses sèches aussi bien en culture pure qu'en culture associée. Au laboratoire, ces gousses sont observées à la loupe binoculaire. On détermine le nombre d'oeufs déposés par chaque espèce de bruche et le nombre d'oeufs de bruches parasités par *U. lariophaga*, qui prennent une coloration brune très caractéristique.

I.2.4. Suivi des émergences des insectes de première génération

Après les observations des pontes, les gousses de chaque lot sont ensuite écosées et disposées dans des boîtes d'élevage rectangulaires (L = 17 cm x l = 11 cm x h = 4 cm) pour le suivi des émergences des insectes. Dès le début des émergences, tous les deux jours, les insectes sont récoltés et identifiés. Ils appartiennent d'une part à la famille des Bruchidae (*B. atrolineatus* et *C.*

maculatus) et d'autre part à la famille des Pteromalidae (*D. basalis*) et des Eupelmidae (*E. villeti*). Les bruches qui ont émergé durant trente jours après la première émergence sont considérés comme constituant la première génération issue des pontes en champ (Ouedraogo, 1991). Pour les Hyménoptères parasitoïdes, après le premier pic correspondant à la sortie des adultes de première génération, on arrête de les décompter car leur durée de développement n'est pas la même que celle des bruches.

Le taux de survie des bruches est déterminé en faisant le rapport entre le nombre de descendants et le nombre total d'oeufs déposés sur les gousses.

I.2.5. Estimation du taux d'infestation initiale des graines

Après le suivi des émergences des insectes de première génération, on détermine le nombre total de graines provenant des gousses et le nombre de graines ayant des orifices de sortie de bruches.

Le taux d'infestation initiale (Ti) des graines est donné par la formule :

$$Ti \text{ (en \%)} = \frac{\text{Nombre de graines avec orifices de sorties de bruches + parasitoïdes}}{\text{Nombre total de graines}} \times 100$$

II. RESULTATS.

II.1. Estimation des effectifs de bruches présentes dans les cultures de niébé et analyse de leur état reproducteur.

Tableau 4 : Nombre d'adultes de bruches capturés dans les cultures de niébé et état de leur appareil reproducteur en fonction du nombre de jours après semis.

Dates d'observation et jours après semis	Etat des plants de niébé dans les cultures	Nombre de bruches capturées				Nombre de diapausants			
		<i>B. atrolineatus</i>		<i>C. maculatus</i>		<i>B. atrolineatus</i>		<i>C. maculatus</i>	
		Mâles	Fem.	Mâles	Fem.	Mâles	Fem.	Mâles	Fem.
15/08/96 (34)	Etat végétatif	2	1	1	0	2	1	1	0
19/08/96 (38)	Etat végétatif	0	2	0	1	0	2	0	1
22/08/96 (41)	Début floraison	5	7	2	1	1	3	1	1
26/08/96 (45)	Floraison	11	7	5	8	3	1	2	1
29/08/96 (48)	Début fructification	3	9	1	2	1	0	0	1
02/09/96 (52)	50% floraison/ fructification	4	16	4	3	1	0	1	0
05/09/96 (55)	Gousses st. 1/2	7	19	7	4	0	0	0	0
09/09/96 (59)	Gousses st. 1/2	4	24	4	4	0	0	0	0
13/09/96 (63)	Gousses de stades 1/2/3	2	1	0	1	0	0	0	0
16/09/96 (66)	Gousses de stades 2/3	13	4	8	2	0	0	0	0
19/09/96 (69)	Début maturation des gousses	4	1	7	2	0	0	0	0
23/09/96 (73)	Maturation des gousses	0	0	1	0	0	0	0	0
TOTAL		55	91	40	29	8	7	5	4

Les captures à l'aide du filet fauchoir sont réalisées du 15 Août au 23 Septembre 1996 dans les cultures. On constate que les deux espèces de bruches sont présentes dans ces cultures en faible

nombre dès le 19 Août, alors que le niébé est encore à l'état végétatif. Elles se maintiennent quel que soit l'état de floraison et de fructification des plants de niébé.

Durant toute la période d'étude, 146 adultes de *B. atrolineatus* (soit 68,22 % du nombre total de bruches) ont été capturés avec une majorité de femelles (Taux sexuel = Nombre de mâles/Nombre de mâles + femelles = 0,38). Les captures de *C. maculatus* sont plus faibles (68 adultes représentant 31,78 % du total des bruches capturées) avec dans ce cas une majorité de mâles, puisque le taux sexuel est de 0,59. Tous les insectes capturés appartiennent au morphe voilier.

L'analyse de l'état reproducteur des adultes capturés (tableau 4 et figure 8) montre que les insectes trouvés au cours des premières captures, alors que le niébé est encore à l'état végétatif ou commence sa floraison, n'ont pas d'organes reproducteurs fonctionnels, aussi bien chez les mâles que chez les femelles des deux espèces. Chez les femelles, les ovarioles sont filiformes. Cet état traduit l'immaturité ou **état diapausant** de l'appareil reproducteur. Les travaux de Glitho *et al.* (1991) ont montré que l'état diapausant (figure 9A), observé chez les deux espèces, se caractérise morphologiquement par des ovarioles réduits à leur germarium. Il n'y a donc aucune maturation d'ovocytes et les études biochimiques de l'hémolymphe montrent qu'il y a à ce niveau absence de vitellogenèse. On observe en plus chez *B. atrolineatus*, deux protéines de diapause dont le rôle est inconnu. Elles sont présentes aussi bien chez les mâles que chez les femelles (Lenga *et al.*, 1991 ; 1993). Chez les mâles, les testicules sont réduits. Selon Glitho *et al.* (1991), à ce niveau, les glandes annexes mâles sont vides de toute sécrétion apparente.

Ensuite on observe un autre état dit de **prévitellogenèse** (Glitho *et al.*, 1991) (figure 9B) : il est observé chez des individus plus âgés ou placés dans des conditions favorables à la levée de la diapause. Cet état qui ne s'observe pas à la dissection, se caractérise par la présence à la base des ovarioles de un ou deux ovocytes en prévitellogenèse (c'est-à-dire avec un cytoplasme homogène). Chez *B. atrolineatus*, Glitho *et al.* (1996) constatent qu'il y a synthèse de vitellogénine mais celle-ci n'est pas incorporée et que les individus présentent une certaine activité sexuelle, puisqu'il y a accouplement et formation d'un spermatophore. Il y a disparition partielle d'au moins un des deux protéines de diapause.

On constate par la suite que le nombre d'adultes reproducteurs des deux espèces s'accroît au cours du temps. Dès le début du mois de Septembre, alors que 50 % des pieds de niébé sont en floraison, la plupart des adultes ont des organes reproducteurs fonctionnels et présentent une activité

sexuelle. Les dissections ont montré que chez les femelles, cet état dit de **vitellogenèse** (figure 9C) est caractérisé par des ovarioles volumineux. Selon Glitho *et al.* (1996), il y a à la base des ovarioles des ovocytes mûrs chorionnés (1 ou 2 par ovariole) et on peut observer dans les oviductes latéraux des ovocytes en nombre variable. On observe chez ces femelles des quantités importantes de vitellogénine dans l'hémolymphe et les protéines de diapause ont disparu. Chez les mâles, les testicules plus volumineux que ceux observés chez des individus diapausants. L'état reproducteur se caractérise chez les mâles par la présence dans la lumière des glandes d'abondantes sécrétions (Lenga *et al.*, 1991 ; 1993).

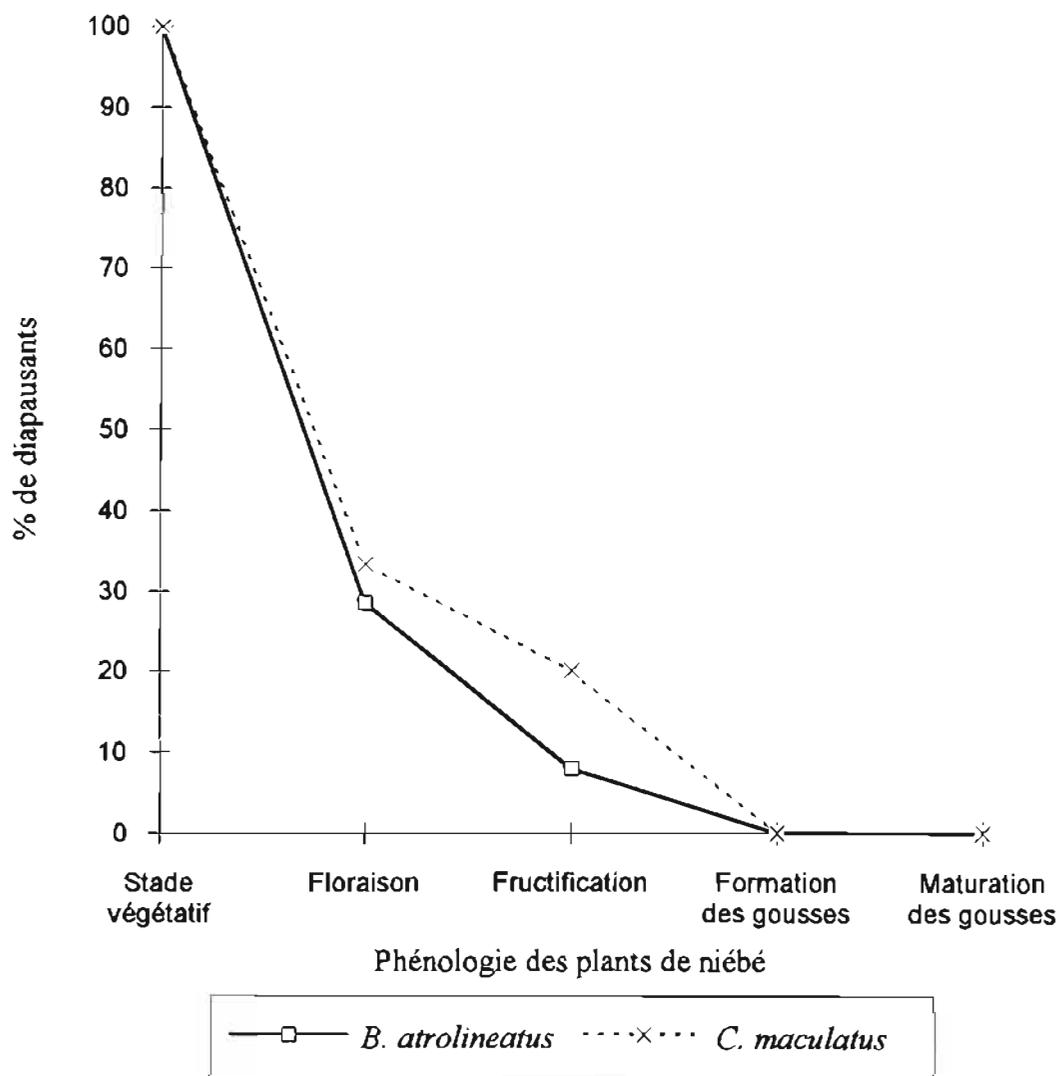


Figure 8 : Pourcentage d'adultes diapausants de bruches en fonction de la phénologie des plants de niébé dans les cultures.

Figure 9: Evolution de l'état de l'appareil reproducteur des femelles de bruches.

A : Etat diapausant

1 : Ovocyte d'une femelle diapausante

B : Etat de prévitellogenèse

1 : Germarium

2 : Ovocyte en prévitellogenèse

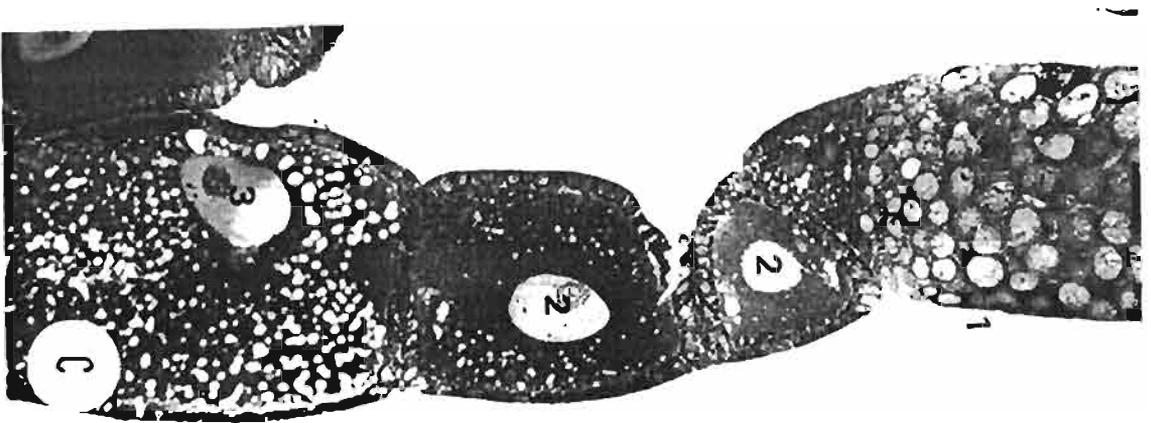
C : Etat de vitellogenèse

1 : Germarium

2 : Ovocytes en prévitellogenèse

3 : Ovocyte en vitellogenèse

Coupes histologiques fournies par le Professeur J. HUIGNARD



II.2. Détermination de la période d'arrivée des adultes de parasitoïdes larvaires dans les cultures de niébé par les méthodes du filet fauchoir et du piégeage.

Tableau 5 : Evolution des effectifs de parasitoïdes larvaires émergeant des pièges et capturés au filet fauchoir en fonction du nombre de jours après semis.

Dates d'observation et nombre de jours après semis (JAS)	Pièges (P1 + P2) Nombre d'adultes émergeants				Filet fauchoir Nbre d'adultes capturés	
	<i>D. basalis</i>		<i>E. vuilleti</i>		<i>D. basalis</i> (Femelles)	<i>E. vuilleti</i>
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles		
16/08/96 (35)	0	0	0	0	0	0
23/08/96 (42)	0	0	0	0	15	0
30/08/96 (49)	33	53	0	0	22	0
06/09/96 (56)	6	13	8	19	29	0
13/09/96 (63)	1	1	0	0	21	0
20/09/96 (70)	17	9	0	0	14	0
26/09/96 (76)	10	17	29	32	38	0
05/10/96 (85)	41	46	0	0	44	0
Total	108	142	37	51	183	0

Les captures réalisées au filet fauchoir (tableau 5) montrent que dès le début de la période d'étude, il y a des adultes de *D. basalis* dans les cultures. On ne capture ici que des femelles, et en nombre relativement important. Par contre, il n'y a pas eu de mâles. De même aucun adulte de *E. vuilleti* n'a été trouvé par la méthode du filet fauchoir, peut être en raison du comportement de cet insecte qui saute en réponse à chaque stimulation mécanique.

Le suivi des émergences de parasitoïdes issus des graines contenant des larves de bruches placées dans les cultures (tableau 5) apporte des informations complémentaires :

- Les femelles de *D. basalis* qui ont parasité les graines, ont colonisé les cultures dès le mois d'Août. Elles étaient capables de se reproduire et étaient inséminées ; elles ont produit en effet des descendants des deux sexes. A la différence des adultes de bruches, elles ne présentent pas de

phénomènes de diapause et sont donc sexuellement actives à une période où les hôtes dans la nature ne sont normalement pas disponibles.

- Des femelles de *E. vuilleti* sont également présentes dans les cultures, mais elles apparaissent plus tardivement, au cours du mois de Septembre, lorsque des larves hôtes sont déjà présentes dans les cultures. Là encore, les individus qui ont parasité les graines contenant les hôtes étaient inséminés puisque des descendants mâles et femelles sont obtenus.

- *D. basalis* représente 73,96 % des parasitoïdes larvaires qui ont émergé des graines, alors que *E. vuilleti* ne représente que 26,04 %.

II.3. Estimation des pontes déposées sur les gousses pendant la période de maturation.

Tableau 6 : Nombre total d'oeufs de bruches et pourcentage de leurs attaques par *U. lariophaga*

Type de culture	<i>C. maculatus</i>			<i>B. atrolineatus</i>		
	Nombre d'oeufs	Nombre par gousse	% de parasitisme	Nombre d'oeufs	Nombre par gousse	% de parasitisme
Culture pure	1182	1,18	39,17	280	0,28	32,14
Culture associée	996	1,00	34,14	320	0,32	24,06

Tableau 7 : Pourcentages de gousses portant des oeufs de bruches par unité de 1 000 gousses dans les deux types de culture.

Type de culture	% de gousses portant des oeufs de			Total
	<i>C. maculatus (C.m)</i>	<i>B. atrolineatus (B.a)</i>	<i>C.m et B.a</i>	
Culture pure	20,70	19,60	31,60	71,90
Culture associée	24,80	23,80	28,90	77,50

Les résultats obtenus (tableau 6) montrent :

- que les gousses de niébé ont reçu pendant la période de fructification plus d'oeufs de *C. maculatus* (80,85 et 75,68 % respectivement en culture pure et en culture associée) que de *B. atrolineatus* (bien que les captures montrent que cette espèce est plus dominante).
- qu'il n'y a pas de différences notables entre les pontes déposées en culture associée et en culture pure ;
- que le nombre d'oeufs par gousse est faible (inférieur à 2) dans les deux types de culture ;
- que les taux de parasitisme dus à *U. lariophaga* sont plus faibles sur les oeufs de *B. atrolineatus* que sur les oeufs de *C. maculatus*.

L'examen des 1000 gousses récoltées dans les deux types de culture (tableau 7) montre que :

- en culture pure, 71,9 % des gousses portent des pontes de bruches. Si l'on tient compte des gousses infestées, on constate que 20,7 % portent des oeufs de *C. maculatus*, 19,6 % ceux de *B. atrolineatus* et 31,6 % portent des oeufs de deux espèces.
- en culture associée, le pourcentage de gousses ayant reçu les pontes de *C. maculatus* est estimé à 24,8 %, 23,8 % celui de *B. atrolineatus* et 28,9 % de ces gousses ont reçu les pontes des deux espèces de bruches.

II.4. Suivi des émergences des insectes de première génération.

Tableau 8 : Nombre total d'insectes émergeant et taux de survie larvaire des bruches

Type de culture	<i>C. maculatus</i>		<i>B. atrolineatus</i>		<i>D. basalis</i>	<i>E. vuilleti</i>
	Nombre	% survie	Nombre	% survie		
Culture pure	563	47,63	150	53,57	1	0
Culture associée	733	73,59	213	66,56	2	0

En culture pure comme en culture associée, on constate qu'il y a émergence des individus des deux espèces de bruches, avec une majorité de *C. maculatus* (tableau 8).

On remarque que les taux de survie des bruches sont plus élevés en culture associée qu'en culture pure. Dans les deux types de culture, les taux de parasitisme sont faibles puisqu'il n'y a eu que deux parasitoïdes qui ont émergé en culture associée et un seul en culture pure.

Les techniques d'étude utilisées (avec écossage précoce des gousses) pourraient se révéler défavorables aux parasitoïdes.

II.5. Estimation du taux d'infestation initiale des graines

Tableau 9 : Taux d'infestation des graines de niébé

Type de culture	Nombre total de graines	Nombre de graines avec orifice d'émergence	Taux d'infestation initiale des graines (%)
culture pure	13 985	813	5,81
culture associée	16 733	952	5,69

Le taux d'infestation des graines de niébé est sensiblement le même en culture associée qu'en culture pure. Globalement, il est inférieur à 6 % dans les deux types de culture.

III. DISCUSSION

Dans les cultures de niébé (*V. unguiculata* Walp.), deux espèces de bruches, *C. maculatus* Fab. et *B. atrolineatus* Pic. ont été identifiées à partir d'échantillons prélevés au filet fauchoir. Les mêmes résultats ont été obtenus précédemment au Burkina Faso (Ouedraogo & Huignard, 1981 ; Sanon, 1993 ; Sou, 1994) comme dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest (Caswell, 1974 ; Alzouma & Huignard, 1981 ; Huignard *et al.*, 1985 ; Alzouma, 1987 ; Gliitho & Nuto, 1987).

Les conditions de découverte des plantes par les insectes phytophages comme les Coléoptères Bruchidae ne sont pas connues avec précision. Il est possible que deux types de facteurs interviennent :

- des facteurs chimiques issus de la plante et perçus par olfaction peuvent attirer les adultes de bruches. Il n'existe pas chez les légumineuses telle que *V. unguiculata* d'odeurs spécifiques comme chez les Crucifères ou les Allium (Auger *et al.*, 1993), mais il est possible qu'un complexe de composés volatiles non spécifiques soit perçu par les Coléoptères Bruchidae et influence leur comportement comme cela a été observé chez *Leptinotarsa decemlineata* (Visser, 1979 ; Visser *et al.*, 1979).

- des facteurs trophiques : les adultes de bruches consomment du nectar et du pollen de plantes et peuvent être attirés par ces sources trophiques.

La colonisation des cultures de niébé par les bruches a lieu avant le début de la formation des fleurs. Les adultes capturés à ce moment sont sexuellement inactifs. Il y a un démarrage de l'activité reproductrice quand le nombre de fleurs augmente. A la période correspondant à la présence de 50 % de floraison, toutes les bruches disséquées sont sexuellement actives.

Chez *B. atrolineatus*, la levée de la diapause semble liée au contact (et peut être à la consommation) avec des parties végétales dans les cultures (fleurs, gousses). En effet, des études réalisées par Germain *et al.* (1985), Huignard *et al.* (1987 b), Gliitho (1990), Lenga *et al.* (1993), ont montré que le contact avec les fleurs ou les gousses de niébé était nécessaire pour la levée de la diapause reproductrice chez la femelle. Chez d'autres bruches comme *Bruchus rufimanus*, Bruchidae inféodé à la féverole (*Vicia faba*), c'est la consommation du pollen qui est le facteur stimulant (Dupont & Huignard, 1990 ; Tran & Huignard, 1992 ; Tran *et al.*, 1993). L'intensité de la diapause diminue progressivement au cours du temps, ce qui augmente la sensibilité vis-à-vis des

facteurs stimulants et explique la levée rapide de la diapause reproductrice dès que les plants de niébé sont en début de floraison et fructification (Glitho *et al.*, 1996).

Chez *C. maculatus*, les formes voilières qui colonisent les cultures sont sexuellement inactives. Il semble là, bien qu'aucune expérimentation précise n'ait été faite, que la levée de la diapause soit due notamment au contact avec les organes reproducteurs de la plante. En effet, le démarrage de l'activité reproductrice est synchrone de la floraison et fructification du niébé.

Le suivi des émergences de parasitoïdes dans les deux pièges, montre que *D. basalis* apparaît dans les cultures à la fin mois d'Août alors que le niébé est en début de floraison. Il parasite ensuite les larves contenues dans les graines introduites durant toute la période de fructification du niébé. A chaque date, on constate que les femelles ont pondu une majorité d'oeufs fécondés (donnant naissance à des descendants femelles), excepté le 20 Septembre 1996. On retrouve ici les mêmes résultats que ceux obtenus en laboratoire, c'est-à dire une dominance des femelles dans la descendance.

E. vuilleti est également présent et des graines sont parasitées dans les pièges plus tardivement. Il y a émergence de ce parasitoïde à partir de graines exposées le 06 Septembre lorsque les gousses commencent à apparaître, puis plus tardivement lorsque les gousses sont mûres dans les cultures. Comme pour *D. basalis*, il y a une majorité de femelles qui émergent.

Les captures au filet fauchoir confirment que *D. basalis* est présent dans les cultures pendant toute la période de floraison, puis de fructification. Il est même présent avant que les gousses ne commencent à se former. On capture uniquement des femelles. Il n'y a pas de capture d'adultes d'*E. vuilleti* et cela peut être lié au comportement sauteur des femelles qui s'échappent à l'approche du filet, cette technique étant surtout utilisée pour estimer les densités des insectes présents sur les organes aériens (feuilles, fleurs, gousses...).

Il n'y a jamais de capture de mâles au filet fauchoir et il est possible que ces insectes puissent se trouver hors du champ (peut être dans la végétation adventice) au moment où on réalise la capture, mais leur écologie est encore mal connue. La présence des femelles dans les champs peut s'expliquer par le fait qu'elles viennent probablement se nourrir de pollen qui agirait dans la maturation des ovocytes. Elles pourraient également être à la recherche des hôtes à parasiter.

La présence de ces parasitoïdes dans les cultures n'est pas étonnante car des études de laboratoire (Monge & Cortesero, 1996) ont montré que les femelles de *D. basalis* sont attirées par

Le suivi des émergences d'adultes de bruches montre que les taux de survie se situent entre 47,6 et 73,6 % selon le type de culture. Ces taux sont plus importants en culture associée. La présence de la canopée formée par les plants de sorgho, n'empêche pas la découverte des plantes de niébé par les bruches. Par contre les émergences de parasitoïdes larvophages que sont *D. basalis* et *E. vuilleti*, sont très faibles voire nulles. La présence de la canopée (et d'importantes ressources trophiques pour les parasitoïdes) n'a pas d'effets sur leurs densités et le pourcentage d'hôtes parasités est sensiblement le même en culture pure et en culture associée. Une telle observation a également été faite au Niger (Huignard *et al.*, 1987 a). Elle est contraire à l'hypothèse de Root (1973) et Risch (1980) selon laquelle les ennemis naturels auraient une action plus importante dans les cultures associées.

Le suivi des émergences d'adultes de bruches montre que les taux de survie se situent entre 47,6 et 73,6 % selon le type de culture. Ces taux sont plus importants en culture associée. La présence de la canopée formée par les plants de sorgho, n'empêche pas la découverte des plantes de niébé par les bruches. Par contre les émergences de parasitoïdes larvophages que sont *D. basalis* et *E. vuilleti*, sont très faibles voire nulles. La présence de la canopée (et d'importantes ressources trophiques pour les parasitoïdes) n'a pas d'effets sur leurs densités et le pourcentage d'hôtes parasités est sensiblement le même en culture pure et en culture associée. Une telle observation a également été faite au Niger (Huignard *et al.*, 1987 a). Elle est contraire à l'hypothèse de Root (1973) et Risch (1980) selon laquelle les ennemis naturels auraient une action plus importante dans les cultures associées.

CHAPITRE 3

IMPACT DES TRAITEMENTS INSECTICIDES DANS LES CULTURES SUR LES BRUCHES ET LEURS PARASITOIDES ET SUR L'EVOLUTION DE CES INSECTES DANS LES STOCKS.

INTRODUCTION

Dans les cultures, de nombreuses espèces d'insectes consomment les feuilles, les fleurs, les bourgeons et les gousses du niébé (Singh & Allen, 1979 ; Ouedraogo, 1985 ; Sanon, 1993 ; 1997 ; Sou, 1996). Leur impact sur les variétés locales à faible productivité est généralement limité à cause du grand pouvoir de régénération de ces variétés. Ces attaques peuvent cependant provoquer de grandes pertes de rendements. En effet, au Nigeria, les baisses de rendement en gousses dues aux insectes phyllophages sont estimées à 78 % (Booker, 1967).

De plus en plus, des variétés à haut rendement sont proposées aux paysans. Elles nécessitent des traitements chimiques pour réaliser leurs performances. Généralement les insecticides sont utilisés dans les champs contre les ravageurs des feuilles et des bourgeons (larves de Lépidoptères, punaises, pucerons...). Comme les bruches et leurs parasitoïdes colonisent les cultures à cette période (voir résultats des captures au chapitre précédent), il est nécessaire de voir quelles peuvent être les répercussions de ces traitements chimiques sur les bruches (au stade adulte ou au stade larvaire) et surtout sur les parasitoïdes. En effet, une destruction de ces parasitoïdes dans les cultures favoriserait l'émergence d'un fort taux d'adultes de bruches de première génération. La conséquence est une dégradation encore plus rapide des graines de niébé dans les stocks.

La présente étude a pour but d'apprécier l'impact d'un produit chimique, le Décis dont le principe actif est un pyréthrianoïde, la Deltaméthrine, recommandé par les services agricoles du Burkina Faso sur :

- la densité des populations de bruches, *C. maculatus* Fab. et *B. atrolineatus* Pic., et surtout sur celle des parasitoïdes des oeufs, *U. lariophaga* Steff. et des larves et nymphes, *D. basalis* Rond. et *E. vuilleti* Crw. dans les cultures
- le nombre d'oeufs déposés sur les gousses vertes et mûres dans ces mêmes cultures par les bruches et le nombre d'oeufs parasités par l'Hyménoptère oophage *U. lariophaga*
- le nombre d'insectes de première génération émergeant de ces gousses.

Elle a également pour objectif de :

- * comparer les résultats obtenus dans les trois cas ci-dessus cités suivant deux types d'agrosystèmes à savoir la culture pure de niébé et la culture associée niébé-sorgho,
- * suivre en situation de stockage l'évolution des populations de bruches ainsi que celle des parasitoïdes oophages et larvo-nymphaux et d'apprécier les répercussions des traitements insecticides au champ sur le nombre d'oeufs déposés par les bruches et le nombre d'oeufs parasités par *U. lariophaga* au cours de cette évolution.

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Matériel et dispositif expérimental

Le matériel végétal est constitué par la variété de niébé *Kamboincé locale*. Dans nos essais nous l'utilisons soit en monoculture, soit en culture associée avec une variété locale de sorgho

Le produit chimique, utilisé est la Deltaméthrine, anciennement appelé Décaméthrine et dont le nom commercial est le Décis. Sa formule chimique est $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$. Cet insecticide d'origine britannique, appartient à la famille chimique des pyréthrinoïdes de synthèse (Roussel Uclaf, 1982). Il est photostable, présente une faible toxicité pour les Mammifères et les oiseaux. Il agit par contact ou par ingestion sur un grand nombre d'insectes à des doses faibles (Roussel Uclaf, 1982 ; Kenneth Hassal, 1990). Sa structure chimique est la suivante :

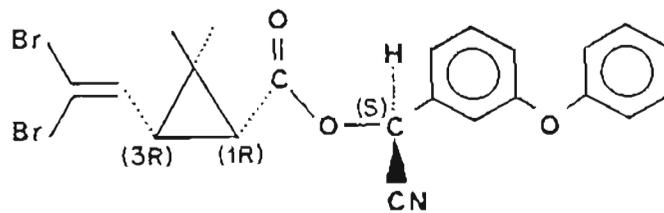


Figure 10 : Structure chimique de la Deltaméthrine (d'après Roussel Uclaf, 1982)

Dans nos essais, nous utilisons une formulation liquide de la Deltaméthrine à la dose de 1,25 g/ha. Elle correspond à celle recommandée par l'Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles du Burkina Faso (INERA). Le produit chimique est répandu dans les parcelles à l'aide d'un pulvérisateur à pression manuelle d'un volume de 15 litres.

Le champ expérimental est constitué de terrains expérimentaux aménagés en parcelles et distribuées au hasard.

Six traitements répétés quatre fois chacun ont été effectués. Ce sont :

- Traitements témoins notés T0

- . une parcelle de culture pure de niébé (TOCP)
- . une parcelle de culture associée niébé-sorgho (TOCA).

Ces deux parcelles ne reçoivent aucune pulvérisation chimique.

- Traitements 1 notés T1

- . une parcelle de culture pure de niébé (T1CP)
- . une parcelle de culture associée niébé-sorgho (T1CA).

Ces deux parcelles reçoivent chacune **une seule pulvérisation insecticide au moment de la fructification du niébé.**

- Traitements 2 notés T2

- . une parcelle de culture pure de niébé (T2CP)
- . une parcelle de culture associée niébé-sorgho (T2CA).

Dans ces deux parcelles, on fait **trois applications du même insecticide** : la première **au moment de la fructification du niébé**, la seconde **10 jours** plus tard (lorsque les plants de niébé ne portent que des gousses vertes de stades 1 et 2) et enfin la troisième pulvérisation, **20 jours** après la première (lorsque des gousses mûres sont présentes dans les cultures).

Cet intervalle de dix jours entre les différentes pulvérisations tient compte de la rémanence du produit chimique qui est environ de 8 à 10 jours.

Chaque parcelle élémentaire, de 72 m², comporte dix lignes de semis, avec une distance entre les lignes de 0,80 m. La distance entre les poquets est également de 0,8 m. Les parcelles sont séparées les unes des autres par des distances de 2 m.

Les semis ont été effectués le 08 Juillet 1995 ; 50 % des plants de niébé étaient en floraison au 55^{ème} jour après les semis (JAS) et la fructification est effective au 62^{ème} JAS.

I.2. Méthodes d'échantillonnage et paramètres étudiés

I.2.1. Estimation de la densité des bruches et de leurs parasitoïdes dans les cultures

Comme dans le chapitre précédent, cette estimation a été faite par la méthode du filet fauchoir. Six échantillonnages hebdomadaires ont été réalisés entre le 1^{er} Septembre (55^{ème} JAS) et le 06 Octobre (90^{ème} JAS). Ils ont été effectués pour les uns avant les pulvérisations chimiques, pour les autres après une et trois pulvérisations chimiques. Les insectes capturés et mis dans des flacons contenant de l'alcool à 70°, sont ramenés au laboratoire où on procède à leur dénombrement et à leur identification.

I.2.2. Estimation des pontes de bruches et du taux d'attaques par *U. lariophaga*

Les prélèvements de gousses ont été réalisés à deux dates différentes (tableau 10). On récolte dans chaque parcelle cent gousses des stades présents (gousses vertes de stades 1 et 2, gousses mûres de stades 3 et 4).

Les oeufs déposés sur les gousses sont dénombrés sous loupe binoculaire en oeufs sains et en oeufs attaqués par *U. lariophaga* (de coloration brune).

Tableau 10 : Dates des pulvérisations chimiques et des prélèvements de gousses de niébé

	Pulvérisations chimiques			Gousses vertes		Gousses mûres	
	Première	Deuxième	Troisième	Premier prélèvement	Deuxième prélèvement	Premier prélèvement	Deuxième prélèvement
Dates	06/09/95	16/09/95	26/09/95	29/09/95	05/10/95	29/09/95	07/10/95
JAS	60	70	80	83	89	83	91

I.2.3. Suivi des émergences des insectes de première génération

Après le décompte des oeufs déposés, les gousses mûres et sèches prélevées dans les parcelles, pour chaque date de prélèvement, sont conservées pour le suivi des émergences d'insectes de première génération. Ils sont comptés et identifiés en bruches et en parasitoïdes.

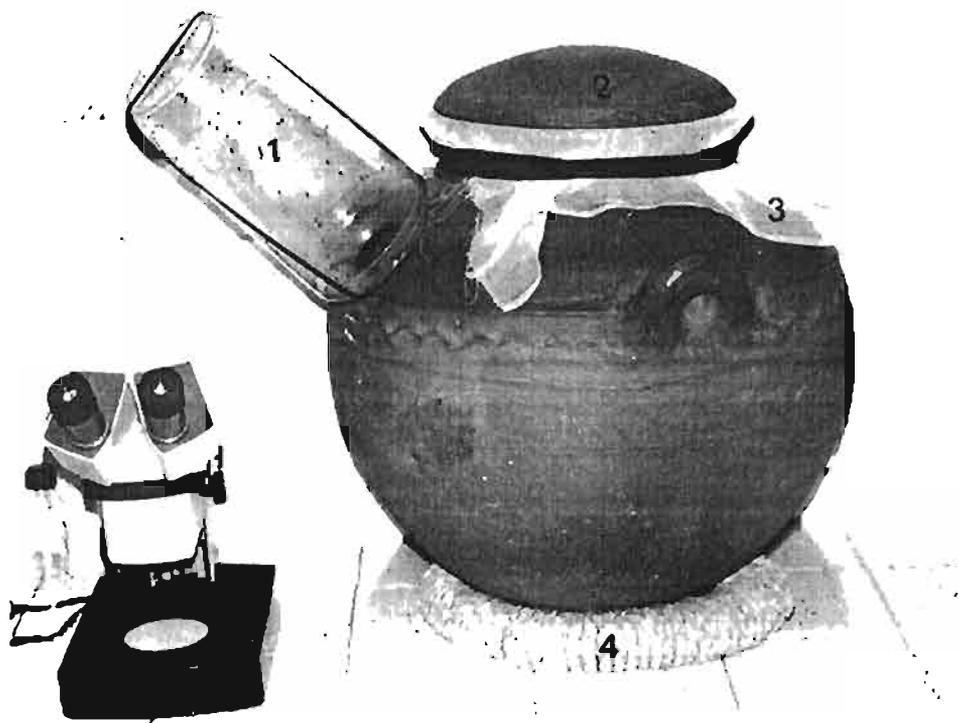
I.2.4. Suivi des populations d'insectes dans les structures de stockage

L'expérimentation a débuté le 06 Novembre 1995 et a pris fin le 1^{er} Mai 1996 soit environ six mois de stockage des graines de niébé.

Nous avons utilisé des greniers sous forme de jarre en argile cuite d'un volume de trente litres environ. Ces jarres sont munies d'un piège situé à la partie latérale supérieure, constituant une source de lumière et d'attraction pour les insectes. L'ouverture centrale est tapissée d'une toile de moustiquaire sur laquelle est posé un couvercle étanche (figure 11). Ces jarres, proches de celles

Figure 11 : Dispositif expérimental pour le suivi des populations d'insectes au cours du stockage des graines de niébé.

- 1 : Piège
- 2 : Couvercle étanche
- 3 : Toile moustiquaire
- 4 : Support



16,67 cm

souvent utilisées en milieu paysan pour le stockage de petites quantités de graines de niébé, sont facilement manipulables pendant nos expérimentations.

Les gousses de niébé sont écosées et 3 Kg de graines issues de chaque traitement sont placées dans un grenier. Ces greniers sont disposés sur des paillasses à l'intérieur d'un hangar grillagé ouvert sur les quatre côtés. Il y a trois lots répétés deux fois chacun :

- **Lots A** notés A1 et A2 pour le traitement témoin (parcelles sans pulvérisation chimique)
- **Lots B** notés B1 et B2 pour le traitement 1 (parcelles recevant une seule pulvérisation chimique)
- **Lots C** notés C1 et C2 pour le traitement 2 (parcelles ayant reçu trois pulvérisations chimiques).

Les effectifs de bruches et d'Hyménoptères sont déterminés à l'occasion du vidage qui a lieu tous les 15 jours par la collecte des insectes morts. Les insectes vivants ainsi que les graines sont remis dans les jarres. A la fin de l'étude, on fait le cumul de tous les insectes morts qui ont été dénombrés lors des différents vidages.

On estime le taux de parasitisme dû à *U. lariophaga* tous les mois. Pour cela, on met dans une boîte grillagée avec grosses mailles cinquante gousses saines de niébé. La boîte est introduite au niveau du stock de graines de façon à ce que les gousses qu'elle contient aient les mêmes chances que les graines de recevoir les pontes de bruches et les attaques par *U. lariophaga*. Les gousses sont renouvelées tous les mois. Ainsi donc on détermine le nombre d'oeufs de bruches et le nombre d'oeufs parasités sur les cinquante gousses déposées dans la boîte.

Le taux d'accroissement (T_a) des populations d'insectes est déterminé suivant la formule :

$$T_a = \ln \frac{N_t}{N_o}$$

N_t = effectif d'adultes à la fin d'expérience
 N_o = effectif d'adultes au début de l'expérience

Dans ce cas, les effectifs initiaux sont estimés à partir des émergences d'insectes de première génération, correspondant aux effectifs des deux premiers vidages.

Le taux de réduction T_r des effectifs de bruches dans les différents lots issus des parcelles traitées par rapport aux lots témoins est déterminé. Pour ce faire, on applique la formule :

$$T_r \text{ (en \%)} = \frac{\text{Effectifs lots témoins} - \text{effectifs des différents lots}}{\text{Effectifs lots témoins}} \times 100$$

Concernant les Hyménoptères parasitoïdes larvaires, le pourcentage d'émergence noté Pe est déterminé à la fin de l'étude. Pour un parasitoïde X, ce pourcentage est donné par la formule :

$$Pe (\%) = \frac{\text{Nombre parasitoïdes X}}{\text{Nombre parasitoïdes X} + \text{Nombre parasitoïdes Y} + \text{Nombre bruches}} \times 100$$

I.3. Analyse statistique des données

Les moyennes relatives :

- à la densité des populations de bruches et de leurs parasitoïdes dans les cultures,
- aux pontes de bruches et aux taux d'attaque de ces oeufs par les oophages,
- aux émergences d'insectes de première génération à partir des gousses mûres,

sont soumises à une analyse de variance (ANOVA) suivie d'une séparation des moyennes significativement différentes par le test de comparaison multiple de Newman-Keuls.

En ce qui concerne les expérimentations dans les structures de stockage du niébé, les moyennes sont comparées entre elles grâce au test de comparaison de moyennes du Khi-2 (χ^2).

II. RESULTATS.

II.1. Estimation de la densité des bruches et de leurs parasitoïdes dans les cultures

Tableau 11 : Nombre moyen d'adultes de bruches capturés par parcelle en fonction de l'application ou non des pulvérisations chimiques et du type d'agrosystème

Type de culture	Parcelles traitées ou non	Bruches			<i>D. basalis</i>
		<i>C. maculatus</i>	<i>B. atrolineatus</i>	Total	
Culture pure	T0	9,0 a	13,8 a	22,8 a ¹	5,4
	T1	7,0 a	11,1 a	18,1 a	0,0
	T2	13,8 a	9,0 a	22,8 a	1,2
Culture associée	T0	10,8 a	21,0 a	31,8 a	4,2
	T1	18,0 a	21,0 a	39,0 a	0,6
	T2	15,0 a	26,8 a	41,8 a	0,0

¹ Les moyennes, situées dans la même colonne et suivies de lettres alphabétiques identiques ne sont pas significativement distinctes. Analyse statistique par le test de Newman-Keuls, $\alpha = 0,05$.

La densité des populations de ces bruches n'est pas affectée par une (traitement 1) ou trois (traitement 2) pulvérisations chimiques au Décis (tableau 11, figure 12). Les effectifs observés dans les différentes parcelles ne présentent pas de différences significatives aussi bien en culture pure qu'en culture associée.

Les effectifs de bruches semblent plus importants en culture associée qu'en culture pure. Mais compte tenu de la faiblesse des effectifs il est difficile d'analyser ce paramètre.

Comme dans le chapitre précédent, seules des femelles adultes de *D. basalis* sont capturées. Leurs effectifs sont faibles dans toutes les parcelles. *E. vuilleti* n'est pas rencontré par ce mode d'échantillonnage au filet fauchoir.

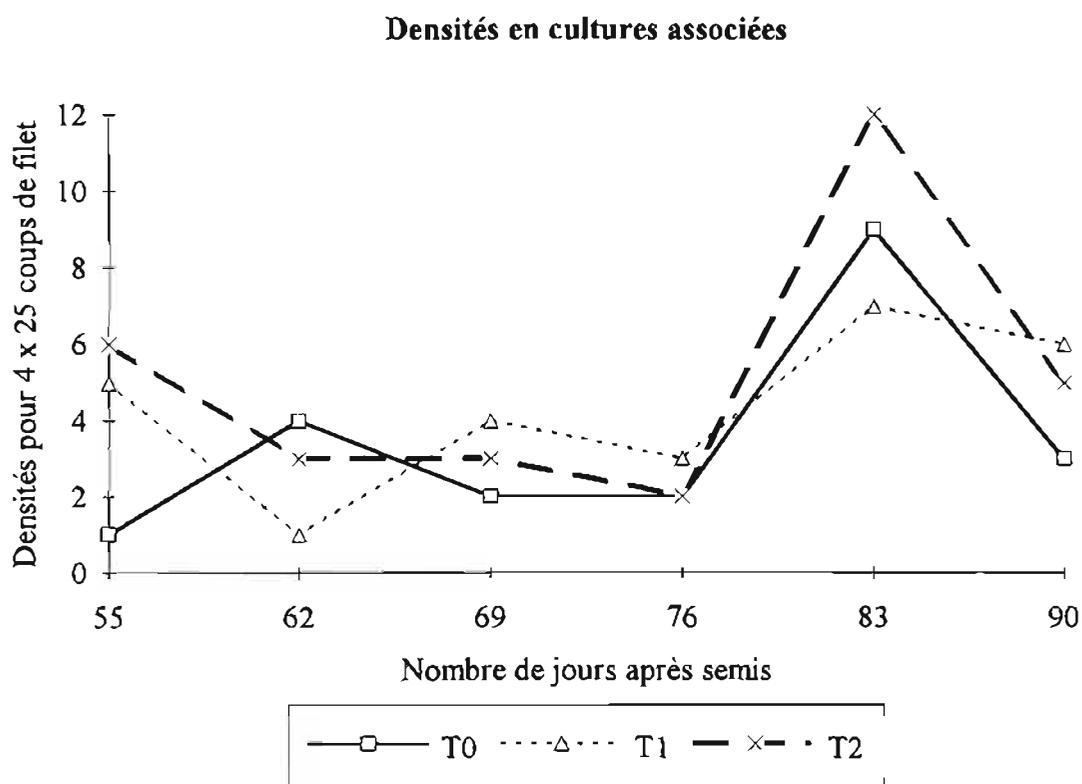
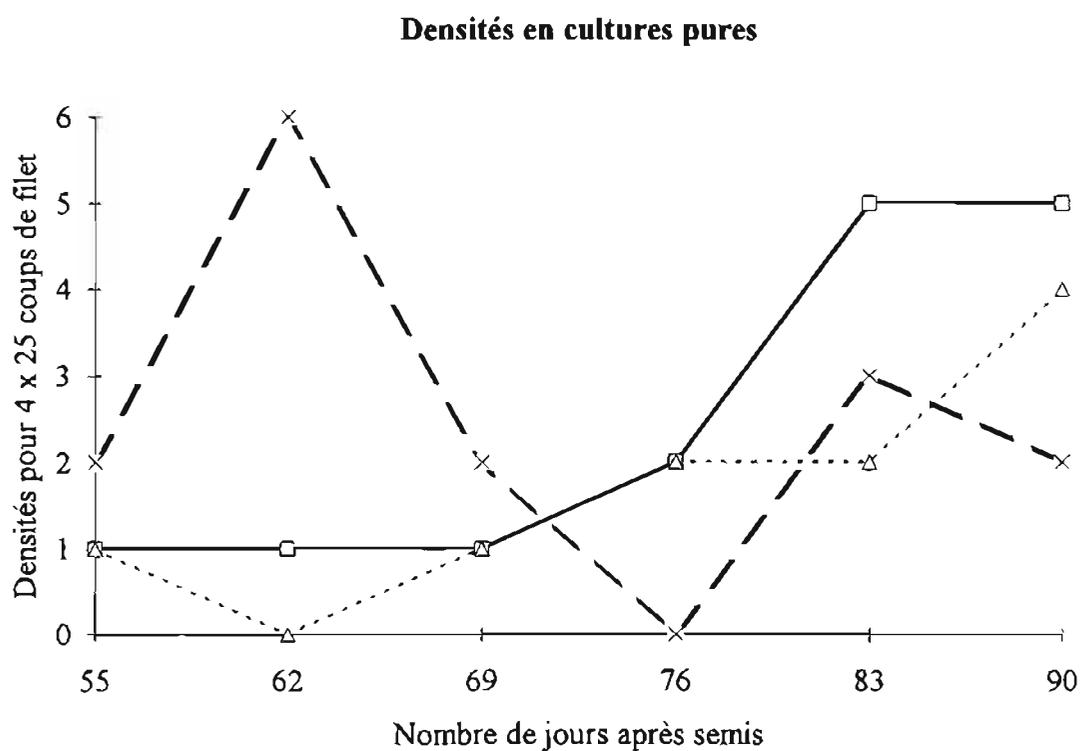


Figure 12 : Evolution des effectifs d'adultes de bruches capturés au filet fauchoir dans les parcelles à pulvérisations chimiques ou non en culture pure et en culture associée.

II.2. Estimation des pontes de bruches et du taux d'attaque par *U. lariophaga*

II.2.1. Estimation des pontes sur les gousses vertes (stades 1 et 2)

Tableau 12 : Nombre moyen d'oeufs de bruches par parcelle déposés sur 100 gousses vertes et pourcentage de leurs attaques par *U. lariophaga* en fonction de l'application ou non des pulvérisations chimiques et du type de culture.

Type de culture	Parcelles traitées ou non	<i>C. maculatus</i>		<i>B. atrolineatus</i>	
		Nb d'oeufs	% de parasitisme	Nb d'oeufs	% de parasitisme
Culture pure	T0	20,98 a ¹	36,5	69,93 a	54,8
	T1	21,65 a	21,3	62,60 a	55,9
	T2	16,65 a	36,0	48,29 a	36,6
Culture associée	T0	14,32 a	76,7	59,27 a	41,0
	T1	15,98 a	41,7	83,25 a	54,0
	T2	23,31 a	42,9	48,29 a	41,4

¹ Les moyennes, situées dans la même colonne et suivies de lettres alphabétiques identiques ne sont pas significativement distinctes. Analyse statistique par le test de Newman-Keuls, $\alpha = 0,05$.

Le nombre d'oeufs déposés sur les gousses vertes par les femelles de *B. atrolineatus* est plus élevé que celui de *C. maculatus*. L'analyse statistique du nombre d'oeufs déposés par les deux bruches à l'aide du test de Newman-Keuls montre que les pulvérisations chimiques au Décis ne réduisent pas de manière significative ces pontes (tableau 12).

Les taux de parasitisme des oeufs des deux bruches par *U. lariophaga*, élevés, ne sont influencés ni par les applications chimiques, ni par le mode de culture.

II.2.2. Estimation des pontes sur les gousses mûres (stades 3 et 4)

Tableau 13 : Nombre moyen d'oeufs de bruches par parcelle déposés sur 100 gousses mûres et pourcentage de leurs attaques par *U. lariophaga* en fonction de l'application ou non des pulvérisations chimiques et du type de culture.

Type de culture	Parcelles traitées ou non	<i>C. maculatus</i>		<i>B. atrolineatus</i>	
		Nb d'oeufs	% de parasitisme	Nb d'oeufs	% de parasitisme
Culture pure	T0	140,86 a ¹	36,6	96,57 a	34,5
	T1	154,85 a	42,6	87,58 a	36,1
	T2	88,25 b	35,8	69,26 a	32,7
Culture associée	T0	109,89 ab	36,4	103,23 a	50,0
	T1	149,18 a	48,7	129,20 a	26,5
	T2	100,90 ab	47,9	95,90 a	41,0

¹ Les moyennes, situées dans la même colonne et suivies de lettres alphabétiques différentes sont significativement distinctes. Analyse statistique par le test de Newman-Keuls, $\alpha = 0,05$.

Le nombre moyen d'oeufs déposés par les femelles de *C. maculatus* et *B. atrolineatus* sur les gousses mûres de stades 3 et 4 est plus élevé que celui observé au niveau des gousses vertes de stades 1 et 2 quel que soit le traitement considéré (tableaux 12 et 13).

Trois pulvérisations insecticides (traitement T2) réduisent de façon significative le nombre d'oeufs de *C. maculatus* sur les gousses mûres en culture pure. En culture associée, ce nombre n'est pas modifié.

Pour *B. atrolineatus*, les pulvérisations chimiques n'affectent pas les pontes aussi bien en culture pure qu'en culture associée. Les taux de parasitisme de ces oeufs par *U. lariophaga* restent élevés dans tous les cas considérés.

II.3. Suivi des émergences des insectes de première génération.

Tableau 14 : Nombre moyen d'insectes émergeant par parcelle et taux de survie larvaire des bruches en fonction de l'application ou non des pulvérisations chimiques et du type de culture.

Type de culture	Parcelles traitées ou non	<i>C. maculatus</i>		<i>B. atrolineatus</i>		<i>D. basalis</i>	<i>E. vuilleti</i>
		Nombre	% survie	Nombre	% survie		
Culture pure	T0	33,30 a ¹	23,64	39,29 a	40,68	6,66 a	6,33 a
	T1	44,96 a	29,03	29,97 ab	34,22	7,66 a	3,33 ab
	T2	26,64 a	30,19	26,64 b	38,46	4,33 ab	1,00 b
Culture associée	T0	17,65 a	16,06	55,94 a	54,19	10,99 a	6,66 a
	T1	18,32 a	12,28	51,62 a	39,95	13,32 a	5,00 a
	T2	23,31 a	23,10	21,65 b	22,58	3,33 b	4,33 a

¹ Les moyennes, situées dans la même colonne et suivies de lettres alphabétiques différentes sont significativement distinctes. Analyse statistique par le test de Newman-Keuls, $\alpha = 0,05$.

L'émergence des bruches de première génération à partir des gousses mûres ne semble pas être perturbée par les traitements insecticides au Décis dans les cultures de niébé, tout au moins pour *C. maculatus* (tableau 14). Cet insecte semble donc peu affecté par le produit chimique.

Pour *B. atrolineatus*, on observe des différences significatives avec le témoin lorsque l'on considère les effectifs émergeant des gousses provenant des parcelles ayant reçu trois pulvérisations chimiques (traitement T2). La troisième pulvérisation ayant lieu en fin Septembre semble agir sur les adultes de la seconde génération émergeant à cette période.

Le nombre d'Hyménoptères émergeant des gousses récoltées reste peu élevé. Leurs effectifs sont plus faibles dans les parcelles ayant reçu trois pulvérisations. Les mêmes résultats sont obtenus dans les deux types d'agrosystème.

II.4. Suivi des populations d'insectes dans les différents lots au cours de la conservation des graines du niébé.

a- Analyse des effectifs de bruches

Tableau 15 : Effectifs, taux d'accroissement et de réduction des bruches dans les différents lots.

Lots	<i>C. maculatus</i>				<i>B. atrolineatus</i>			
	No	Nt	Ta	Tr (%)	No	Nt	Ta	Tr (%)
A1	542	56 805	4,65		162	260	0,47	
A2	426	56 493	4,89		188	251	0,29	
Moy. lot A	484	56 649	4,76		175	256	0,38	
B1	974	52 698	3,99	7,23	177	256	0,37	1,54
B2	969	43 194	3,78	23,54	260	342	0,27	-36,25
Moy. lot B	972	47 946	3,90	15,36	219	299	0,31	-16,80
C1	799	31 702	3,68	44,19	151	208	0,32	20,00
C2	923	30 448	3,50	46,10	169	209	0,21	16,73
Moy. lot C	861	31 075	3,59	45,14	160	209	0,27	18,36

No = effectifs initiaux

Ta = taux d'accroissement

Nt = effectifs finaux

Tr = taux de réduction

A partir d'effectifs initiaux faibles, les populations de *C. maculatus* s'accroissent de façon remarquable dans tous les lots. Celles de *B. atrolineatus* sont nettement moins élevées. Les taux d'accroissement pour cet insecte sont inférieurs à 1 % (tableau 15).

Les effectifs de *C. maculatus* du lot A (témoin) sont significativement plus élevés que ceux des lots B et C ($\chi^2 = 84,53$; 2 ddl, $S p \leq 0,05$). On note de faibles effectifs dans le lot C.

La réduction des effectifs de bruches entre le lot B et le lot A est en moyenne de 15,36 %, alors qu'elle est de 45,14 % en moyenne entre le lot C et le lot A.

Une ou trois pulvérisations chimiques dans les cultures (traitements T1 et T2) réduisent le nombre de bruches dans les stocks. Cependant, l'influence de ces pulvérisations chimiques reste modérée car les taux de réduction des effectifs de bruches sont inférieurs à 50 %.

Les traitements chimiques précédant la récolte exercent donc une influence relativement limitée sur l'accroissement des effectifs de bruches dans les stocks de niébé.

b- Analyse de l'évolution des populations de bruches au cours du temps

L'observation de l'évolution de cette population montre qu'après six mois de conservation du niébé (de Novembre 1995 à Mai 1996), six générations de *C. maculatus* se sont succédées, en considérant que la durée moyenne de développement des bruches est de 30 jours. Pour les Hyménoptères parasitoïdes cette durée est différente. Elle est de 11 à 15 jours pour *D. basalis* et d'environ 18 jours pour *E. vuilleti* à 25-35° C (Sou, 1994 ; Sanon, 1997 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 b).

L'analyse de l'évolution des populations de *B. atrolineatus* (figure 13 A) fait apparaître que cet insecte est surtout présent en début de stockage. Après deux générations, leurs effectifs baissent de façon significative et on n'observe plus par la suite que quelques survivants. Ceux-ci finissent par disparaître totalement. Il n'y a donc qu'un nombre limité de générations qui se succèdent dans les stocks et ce faible développement des populations de *B. atrolineatus* serait dû à l'entrée des adultes de cet insecte en diapause reproductrice (Monge *et al.*, 1988 ; 1991). Au Niger, ces générations sont également au nombre de deux.

Les effectifs de *C. maculatus* sont moins importants dès la première génération. Ils augmentent à partir de la deuxième génération et atteignent leur valeur maximale à la troisième génération. Ensuite, on observe une baisse des effectifs (figure 13B).

L'effet de trois pulvérisations chimiques dans les cultures ne semble se répercuter dans les stocks que pendant les deux premiers mois de conservation. Après on observe une évolution rapide des populations de bruches dans tous les lots.

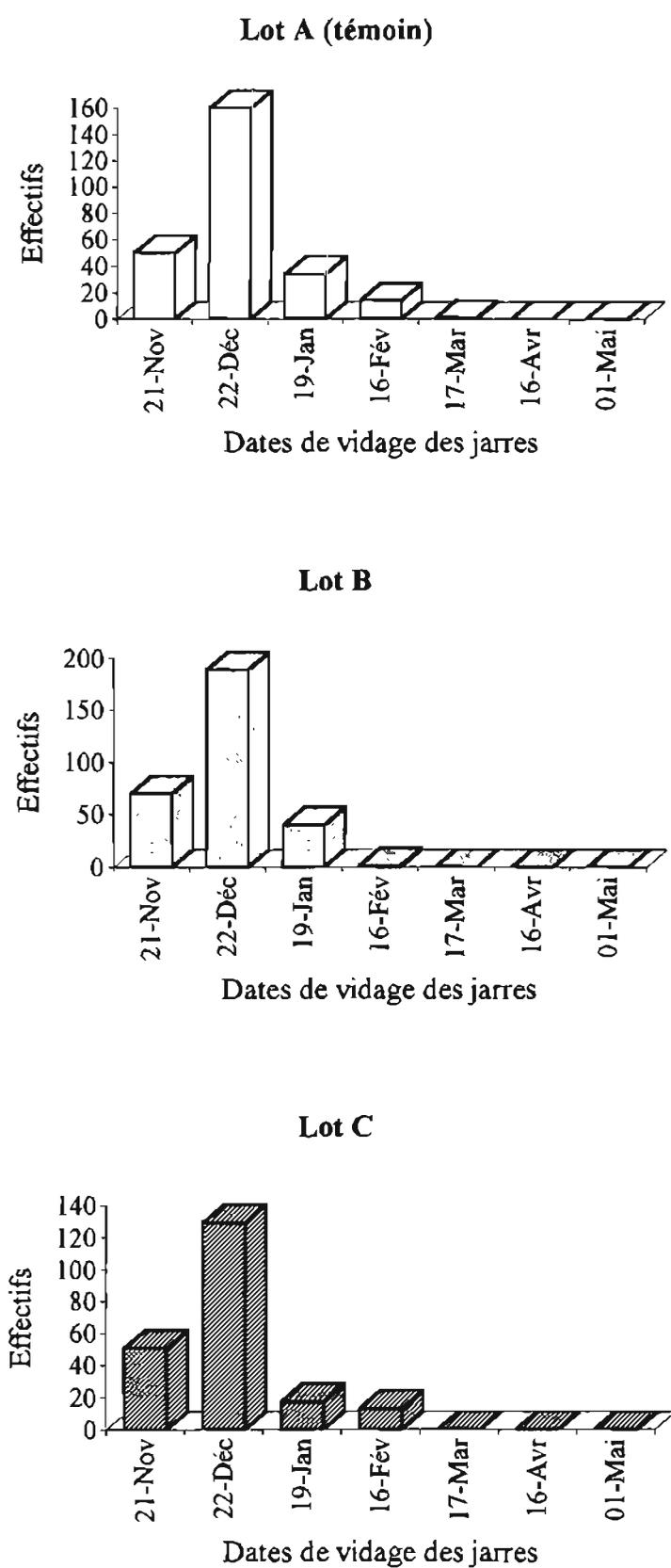


Figure 13 A : Evolution comparée des effectifs de *B. atrolineatus* dans les différents lots.

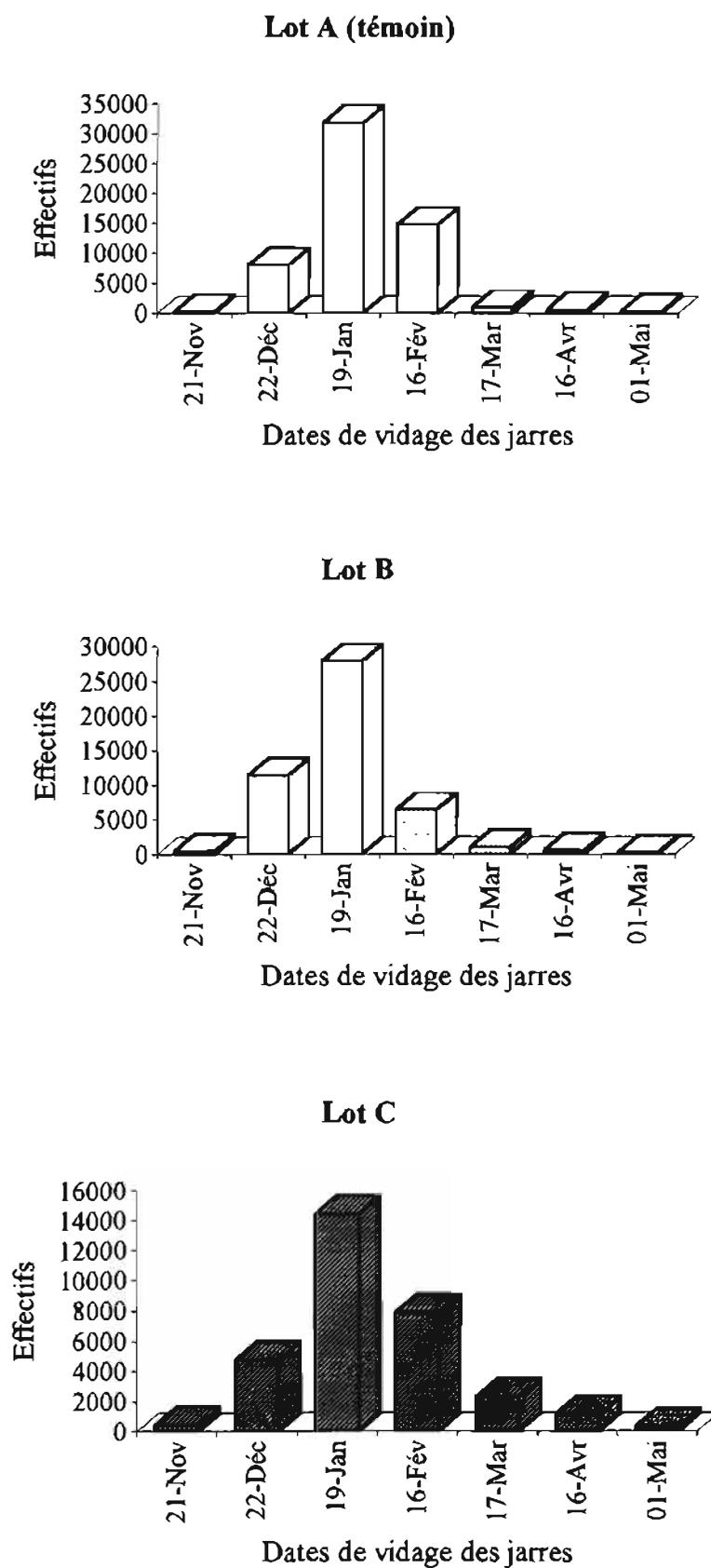


Figure 13 B : Evolution comparée des effectifs de *C. maculatus* dans les différents lots.

c- Analyse des effectifs de parasitoïdes larvaires

Tableau 16 : Effectifs, taux d'accroissement et pourcentage d'émergence des Hyménoptères parasitoïdes larvaires dans les différents lots.

Lots	<i>D. basalis</i>				<i>E. vuilleti</i>			
	No	Nt	Ta	Pe (%)	No	Nt	Ta	Pe (%)
A1	40	521	2,57	0,90	20	332	2,81	0,57
A2	55	570	2,34	0,99	4	446	4,71	0,77
Moy. lot A	48	546	2,43	0,95	12	389	3,48	0,70
B1	21	149	1,96	0,28	9	128	2,65	0,24
B2	28	147	1,66	0,34	10	136	2,61	0,31
Moy. lot B	25	148	1,78	0,30	10	132	2,58	0,30
C1	20	120	1,79	0,42	14	107	2,03	0,31
C2	6	92	2,73	0,35	14	82	1,78	0,30
Moy. lot C	13	106	2,10	0,40	14	95	1,91	0,30

No = effectifs initiaux

Ta = taux d'accroissement

Nt = effectifs finaux

Pe = pourcentage d'émergence

Les effectifs de parasitoïdes larvaires sont faibles dans les différents lots par rapport à ceux des bruches. Ils sont plus élevés dans le lot A que dans les autres lots.

Une ou trois pulvérisations chimiques pratiquées dans les cultures semblent réduire les effectifs de ces parasitoïdes dans les stocks (tableau 16).

d- Analyse de l'évolution des populations de parasitoïdes larvaires au cours du temps

Les effectifs des populations de parasitoïdes larvaires, moins importants que ceux des bruches, suivent la même évolution que celle de ces dernières (figure 14). Très rapidement, il s'installe une compétition interspécifique entre les deux espèces de parasitoïdes. On note alors une réduction des effectifs de *D. basalis* à partir du troisième mois de stockage.

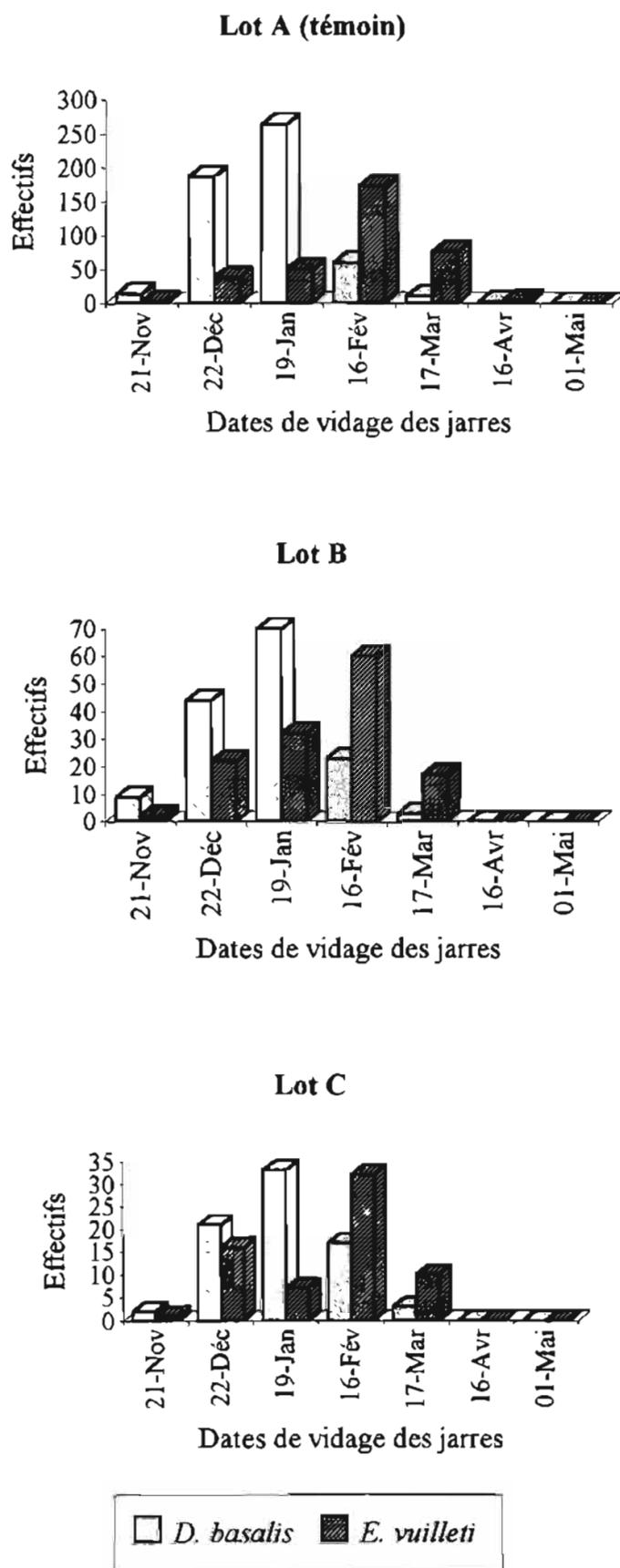


Figure 14 : Evolution comparée des effectifs de *D. basalis* et de *E. vuilleti* dans les différents lots.

e- Analyse du parasitisme des oeufs de bruches par *U. lariophaga*

Tableau 17 : Nombre d'oeufs de bruches déposés sur les gousses et pourcentage de leurs attaques par *U. lariophaga* dans les stocks.

Lots	<i>C. maculatus</i>		<i>B. atrolineatus</i>	
	Nombre d'oeufs	% de parasitisme	Nombre d'oeufs	% de parasitisme
A1	11 691	1,45	2 829	3,43
A2	5 945	0,67	1 938	6,50
Moy. lot A	8 818	1,09	2 384	4,69
B1	7 108	4,95	2 629	7,46
B2	7 952	2,79	3 873	0,80
Moy. lot B	7 530	3,87	3 251	3,49
C1	3 989	4,46	2 151	2,28
C2	4 763	7,66	1 969	13,56
Moy. lot C	4 376	6,20	2 060	7,67

Le parasitoïde oophage, *U. lariophaga* poursuit ses attaques dans les stocks. Le taux de parasitisme des oeufs de ces bruches est plus important dans le lot C (tableau 17). Les pulvérisations chimiques au Décis dans les cultures, ne réduisent pas les attaques des oeufs de bruches par cet Hyménoptère oophage.

L'analyse du parasitisme des oeufs de bruches par *U. lariophaga* au cours du temps (figure 15A et 15B) montre que l'action du parasitoïde est importante au cours des deux premiers mois de stockage. Elle s'annule par la suite.

Au cours du premier mois de stockage, les pontes de *B. atrolineatus* sont plus importantes que celles de *C. maculatus*. *U. lariophaga* parasite les oeufs de *C. maculatus* à plus de 40 % (lot C) et ceux de *B. atrolineatus* à moins de 10 %. Pendant le deuxième mois, la tendance s'inverse. Le parasitisme des oeufs de *B. atrolineatus* est supérieur à 30 % (lot C), alors que celui de *C. maculatus* est inférieur à 25 %.

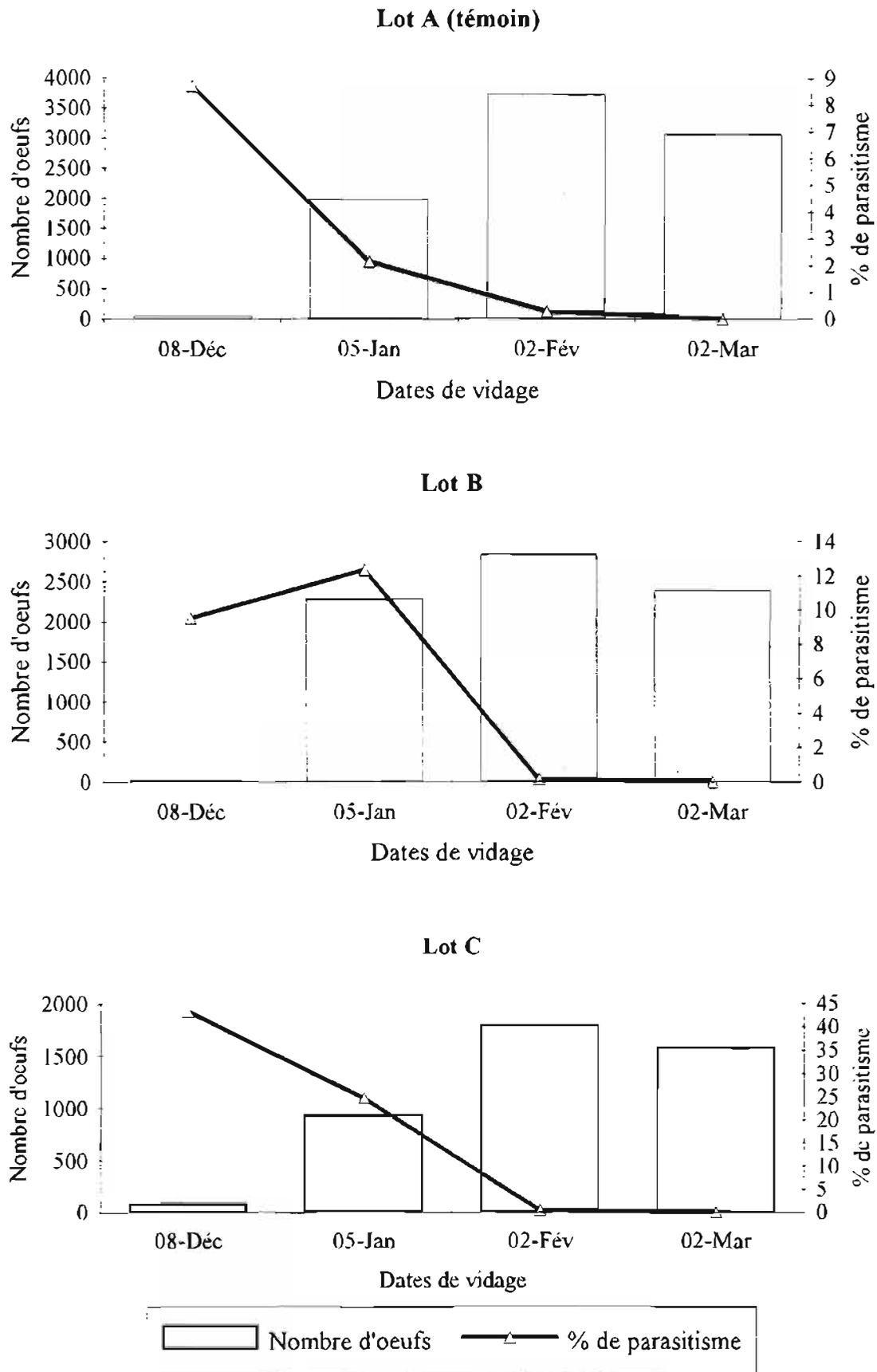


Figure 15A : Evolution des pontes de *C. maculatus* sur les gousses dans les différents lots et pourcentages de parasitisme dus à *U. lariophaga* au cours du stockage.

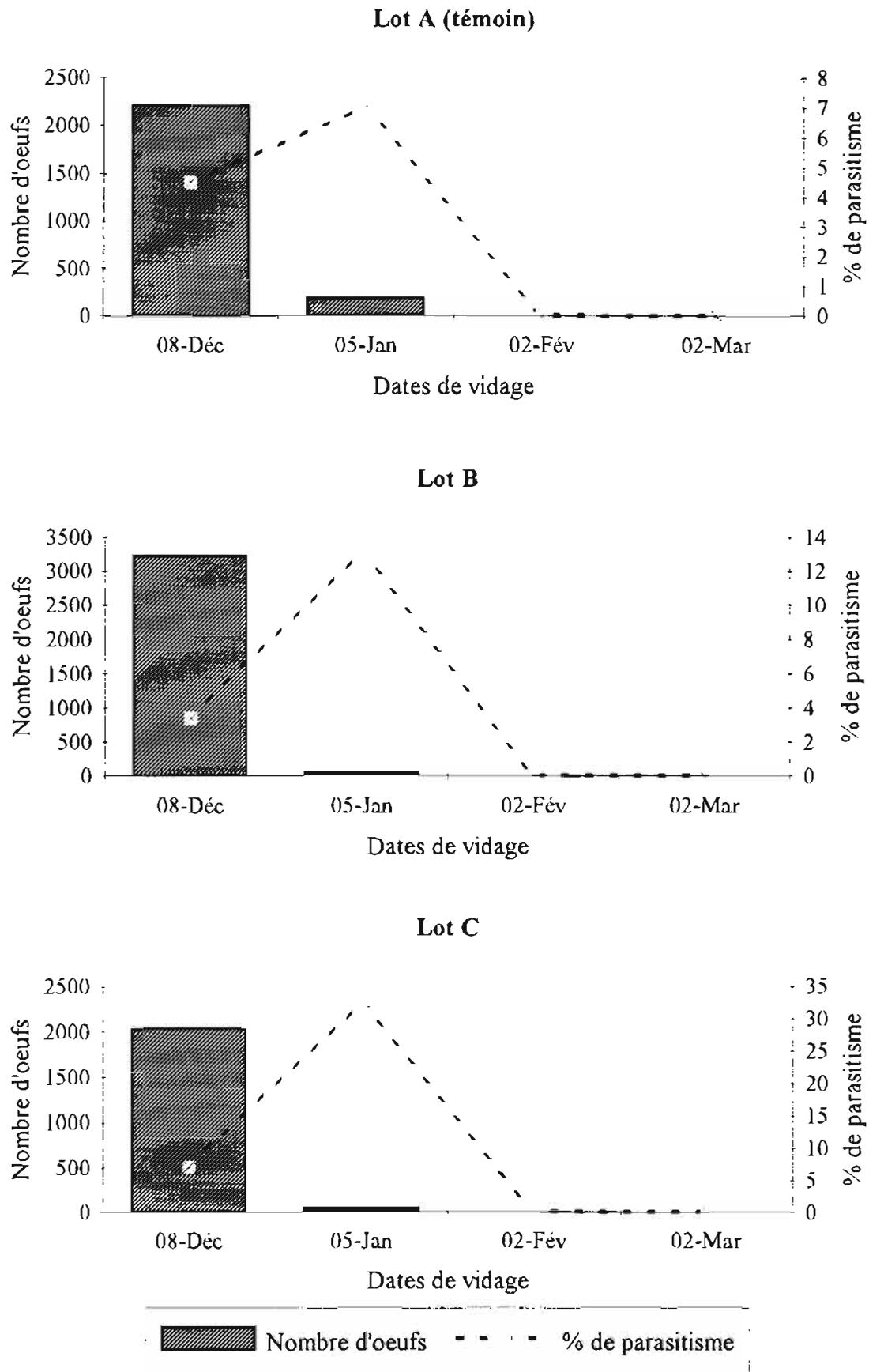


Figure 15B : Evolution des pontes de *B. atrolineatus* sur les gousses dans les différents lots et pourcentages de parasitisme dus à *U. lariophaga* au cours du stockage.

III. DISCUSSION

Comme dans le chapitre précédent, deux espèces de bruches, *C. maculatus* (Fab.) et *B. atrolineatus* Pic. ont été capturées dans les cultures de niébé. Leur densité ne semble pas être affectée par les traitements chimiques à la Deltaméthrine. Cette situation pourrait être due soit :

- à la faible sensibilité de ces bruches à cet insecticide.

- à la présence de parcelles témoin ou de sites de refuge provisoires pour ces bruches très mobiles qui reviendraient sur les plants de niébé traités dès que l'effet du produit chimique s'atténue. Même si l'insecticide utilisé présente une certaine rémanence, celle-ci n'excède pas dix jours et les retours des insectes restent possibles.

La première hypothèse s'appuie sur les travaux de Parth (1991) au Cameroun qui a montré que la Deltaméthrine réduisait uniquement les populations de *Maruca vitrata*, un Lépidoptère dont les chenilles consomment les gousses, mais n'agissait pas sur celles des Coreidae et des Bruchidae. Elle se réfère également aux résultats obtenus par Atachi & Sourokou (1989 ; 1992), Roberts *et al.* (1993), Williamson *et al.* (1993) qui ont également indiqué que le Décis était uniquement efficace sur les insectes foreurs de gousses, piqueurs suceurs de sève et ravageurs des fleurs de niébé.

La deuxième hypothèse se fonde sur la présence autour des parcelles de diverses espèces de légumineuses pouvant héberger de nombreuses espèces de bruches (Janzen, 1969 ; Labeyrie, 1978 ; Varaigne-Labeyrie & Labeyrie, 1981 ; Nuto & Glitho, 1990). On peut citer entre autres : *Cassia spp.*, *Mimosa pigra*, *Piliostigma reticulatum* et *P. thonningii*, *Tamarindus indica* et *Acacia spp.*

L'association culturale niébé-sorgho semble favoriser seulement et la densité et l'accroissement des pontes de *B. atrolineatus*. Ces résultats sont conformes à ceux de Huignard *et al.* (1987 a) ; Alzouma & Huignard (1981) qui ont indiqué que les adultes de cette espèce sont attirés par les épis de mil. Ils se réfugient entre les épillets durant les heures chaudes de la journée et se nourrissent du pollen de mil. Le même phénomène pourrait se reproduire avec le sorgho qui offre les mêmes possibilités. Ces résultats sont différents de ceux obtenus dans d'autres types culturaux telles que l'association maïs-haricot. Le maïs en formant une canopée assez dense, rendrait plus difficile la découverte de la légumineuse par les insectes phytophages et notamment par les bruches. La conséquence est une réduction de leur présence et de leurs attaques (Labeyrie & Maison, 1957 ; Kayumbo *et al.*, 1976 ; Altieri *et al.*, 1978 ; Risch, 1980 ; Van Huis, 1981).

Les femelles de *C. maculatus* et de *B. atrolineatus* sont capables de déposer leurs oeufs sur les gousses de tous les stades phénologiques (Ouedraogo & Huignard, 1981).

Sur les gousses vertes, le nombre d'oeufs déposés par *B. atrolineatus* est toujours plus élevé que celui de *C. maculatus*, quel que soit le cas considéré. Les mêmes résultats ont été obtenus par Alzouma (1987) ; Huignard *et al.* (1985) qui ont montré que *B. atrolineatus* présentait une activité reproductrice importante sur les gousses vertes dans la zone de Niamey au Niger.

L'étude de l'émergence des insectes de première génération à partir des différentes parcelles, montre que contrairement à *B. atrolineatus*, *C. maculatus* n'est pas sensible au Décis. Aamir *et al.* (1987) obtiennent des résultats similaires et montrent en Egypte que la Deltaméthrine n'a pas d'effets sur *C. maculatus*. La viabilité des oeufs, la durée de développement larvaire, le pourcentage et le poids des adultes émergeant ne sont pas modifiés jusqu'à la 18^{ème} génération de cet insecte en laboratoire par les traitements à la Deltaméthrine.

Le nombre d'Hyménoptères parasitoïdes émergeant des gousses récoltées dans les différentes parcelles, reste faible. On remarque que trois pulvérisations chimiques réduisent les effectifs de ces parasitoïdes. Un faible niveau de présence de ces Hyménoptères parasitoïdes larvaires à la rentrée des récoltes pourrait entraîner une baisse de leur action régulatrice. La conséquence est une augmentation des effectifs initiaux de bruches de première génération, d'où une plus grande menace pour les graines de niébé en stockage.

Le suivi de l'évolution des effectifs d'insectes dans les structures de stockage montre que :

- Les effectifs de bruches sont importants dans tous les lots après six mois de stockage. Les pulvérisations chimiques pratiquées dans les cultures ne semblent pas avoir d'incidence ultérieure sur l'évolution des populations de bruches. Les larves de ces bruches ayant déjà pénétré dans les gousses sont protégées. Elles s'y développent et les dégâts se poursuivent dans les stocks.

- Les parasitoïdes larvaires sont présents dans les différents lots malgré la faiblesse de leurs effectifs. Ils semblent affectés par les applications du produit chimique et surtout par trois pulvérisations pratiquées dans les cultures dont la dernière est effectuée en fin Septembre. L'évolution de ces parasitoïdes au cours du temps montre que les effectifs de *D. basalis* sont réduits par rapport à ceux de *E. vuilleti* à partir du troisième mois de stockage. Cette réduction serait probablement due à la compétition interspécifique entre ces deux espèces. De nombreuses études (Caubet, 1993 ; Cortesero, 1994 ; Sanon, 1997) ont analysé la reproduction et le développement de

ces parasitoïdes larvaires en présence de larves ou de nymphes de *C. maculatus* et la compétition interspécifique entre ces deux espèces. Monge *et al.* (1991 ; 1995), Levêque *et al.* (1993) ont constaté qu'en situation de compétition interspécifique, *E. vuilleti* devenait progressivement dominant dans les stocks tandis que *D. basalis* se maintenait à une très faible densité. Or lorsqu'il est seul, *E. vuilleti* ne permet pas un contrôle efficace des populations de bruches puisqu'il ne parasite que 30 à 50 % des hôtes disponibles (Huignard & Monge, 1993). Par contre en absence de compétition interspécifique, *D. basalis* contrôle de façon importante les populations de bruches. Son comportement de ponte, ses très bonnes capacités de dispersion des oeufs sur les hôtes disponibles et sa capacité à éviter le superparasitisme (Wai & Fujii, 1990 ; Gauthier, 1996) expliqueraient ces résultats. En situation de compétition interspécifique entre ces deux parasitoïdes, les populations d'hôtes risquent d'être favorisées.

- Les attaques du parasitoïde oophage, *U. lariophaga* sur les oeufs de bruches se poursuivent juste pendant les deux premiers mois de stockage. Les taux de parasitisme dus à cet insecte restent élevés. En zone Guinéenne plus humide du Togo, Anani-Kotoklo (1997) indique que la pression exercée par *U. lariophaga* sur les bruches en situation de stockage du niébé sous forme de gousses est d'environ 50 %. Compte tenu de sa taille très réduite, cet insecte peut quitter les structures de stockage (Van Huis *et al.*, 1994 a ; 1994 b ; Van Alebeek, 1996).

CHAPITRE 4

**ESSAIS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES BRUCHES
DU NIEBE DANS LES SYSTEMES DE STOCKAGE.**

INTRODUCTION

En zone sahélienne, les Coléoptères Bruchidae constituent des ravageurs particulièrement nuisibles pour les stocks de graines et gousses de niébé, *V. unguiculata* Walp. Deux espèces sympatriques, *B. atrolineatus* Pic. et *C. maculatus* Fab. ont été trouvées dans les cultures puis dans les greniers traditionnels des agriculteurs au Burkina Faso (Ouedraogo & Huignard, 1981 et chapitres précédents).

Les effectifs d'adultes de première génération de *B. atrolineatus* sont importants au début du stockage. Mais très rapidement les adultes de la deuxième génération de cette espèce présentent une diapause reproductrice (Germain *et al.*, 1987 ; Monge *et al.*, 1989 ; Huignard *et al.*, 1989 ; Glitho, 1990 ; Lenga, 1991).

Les adultes de *C. maculatus* semblent mieux adaptés aux systèmes de stockage. Ils présentent à ce niveau le morphe non voilier reproducteur défini par Utida (1954) et Ouedraogo (1991). C'est le principal ravageur car il peut détruire en quelques mois tout un stock de graines (Caswell, 1961 ; Monge & Huignard, 1991 ; Huignard & Monge, 1993 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 b).

Deux ectoparasitoïdes sympatriques des larves et des nymphes de bruches du niébé, *D. basalis* et *E. vuilleti*, sont capables de coexister pendant plusieurs générations (Monge & Huignard, 1991). Ces deux espèces ont développé des stratégies leur permettant de cohabiter (Van Alebeek, 1991 ; Van Alebeek *et al.*, 1993). Chez ces Hyménoptères parasitoïdes, le mâle haploïde est issu d'une parthénogenèse arrhénotoque et la femelle diploïde d'une reproduction sexuée. En présence d'un nombre important d'hôtes parasités ou en présence d'un nombre élevé de femelles exploitant un patch, les femelles émettent une majorité d'oeufs mâles, ce qui entraîne une diminution importante des populations. De même, la qualité de l'hôte (stade des larves) peut influencer le taux sexuel de la descendance. Les oeufs mâles sont pondus sur de petits hôtes et les oeufs femelles sur des hôtes plus gros (Terrasse *et al.*, 1996 ; Gauthier *et al.*, 1997).

Des observations préliminaires ont montré qu'en zone guinéenne plus humide, *D. basalis* était souvent l'espèce d'Hyménoptère dominante dans les systèmes de stockage (Ouedraogo *et al.*, 1996 b ; 1997 ; Sanon, 1997 ; Glitho obs. personnelle ; Amevoin, 1998). Elle présenterait des potentialités optimales d'accroissement, de parasitisme, de recherche des hôtes (Gauthier, 1996).

Elle répond bien aux critères définis par Kidd & Jervis (1996) pour être un bon agent de lutte biologique.

En complément aux essais de lutte biologique contre les bruches du niébé déjà initiés au Burkina Faso (Sou, 1994 ; Sanon, 1995 ; 1997 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 a ; 1996 b), nous analyserons dans la région sahélienne moins humide de Ouagadougou, l'impact d'introductions successives d'adultes de *D. basalis* sur l'évolution des populations de *C. maculatus* au cours de la saison sèche.

La méthode de lutte biologique utilisée au cours de cette étude correspond mieux à la définition de Smith (1919) selon laquelle la lutte biologique désigne l'utilisation d'ennemis naturels (insectes prédateurs, parasitoïdes et agents pathogènes) pour contrôler les populations des insectes ravageurs aux dépens desquels ils se nourrissent ou se développent.

Nous envisagerons également la détermination de la densité minimale d'adultes de *D. basalis* à introduire dans les stocks pour le contrôle des populations du ravageur *C. maculatus* au cours de la conservation des graines de niébé.

I. MATERIEL ET METHODES

I.1. Souches utilisées et conduite des élevages.

Les graines de niébé utilisées proviennent des gousses de la variété *Kamboincé locale* récoltées dans les cultures en Octobre 1995 et 1996. Elles ont été passées au congélateur à une température de - 18° C pendant 15 jours pour détruire les oeufs et les larves susceptibles de s'y trouver et éviter ainsi toute contamination. On obtient alors des graines dites saines.

C. maculatus est élevé au laboratoire dans des boîtes d'élevage (L = 17 cm x l = 11 cm x h = 4 cm) contenant des graines saines de niébé. Pour cela, on introduit 20 couples dans la boîte contenant 200 g de graines. Au bout de deux jours de contact, ces adultes sont retirés et les graines sont conservées sur les paillasses du laboratoire pour l'obtention des larves et des adultes de *C. maculatus* devant servir aux élevages suivants.

Les souches de *D. basalis* proviennent de graines issues des cultures à Gampéla. Les adultes sont élevés sur des graines de niébé contenant des larves de stade 4 (L₄) ou des nymphes de *C. maculatus*. Ces stades reçoivent préférentiellement les pontes de *D. basalis* et permettent le développement de ses larves (Terrasse *et al.*, 1996). Ils permettent également l'émergence d'adultes des deux sexes en quantités équivalentes (Gomez-Alvarez, 1980). Après deux jours de contact, les Hyménoptères sont retirés et toutes les graines sont mises en incubation. A l'émergence, les adultes sont utilisés pour les différentes expériences ou pour la constitution de nouvelles souches suivant le même procédé d'élevage.

I.2. Contrôle biologique de *C. maculatus* par des introductions successives d'adultes de *D. basalis* dans les stocks.

Les expériences ont commencé le 04 Janvier et ont pris fin le 29 Juin 1996. Des jarres, ayant les mêmes caractéristiques que celles décrites dans le chapitre précédent, sont placées et suivies sous un hangar grillagé ouvert sur les quatre côtés. Les graines contenant les larves et nymphes de *C. maculatus* ont été placées suivant les lots.

Il y a trois lots répétés deux fois chacun :

Lots A (ce sont les lots témoins) notés A1 et A2 : 3 kg de graines saines de *V. unguiculata*
+ 750 larves de *C. maculatus*.

Ce rapport représente le niveau d'infestation initial observé sur plusieurs années. Les larves introduites sont à différents stades de développement (150 larves L₁, 150 larves L₂, 150 larves L₃, 150 larves L₄ et 150 nymphes). Compte tenu de la durée de vie des adultes de *D. basalis* (22 jours en moyenne), ceux-ci pourront donc disposer durant leur vie de stades favorables à leur reproduction. Des études réalisées par dissection des graines (Ouedraogo, 1978) ont permis de déterminer par le comptage des exuvies et la mesure du diamètre de la capsule céphalique, le développement des larves de *C. maculatus*. Ainsi à 25 °C constant, le stade 1 est obtenu 6 à 8 jours après le dépôt de l'oeuf, le stade 2 au bout de 8 à 12 jours, le stade 3 entre 12 et 14 jours, le stade 4 au bout de 14 à 16 jours et la nymphe entre 18 et 20 jours. Seules les graines comportant une ou deux larves de *C. maculatus* sont utilisées afin de limiter les risques de compétition larvaire.

Lots B notés B1 et B2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 100 couples de *D. basalis* âgés de deux à quatre jours, introduits au début

+ 100 couples de *D. basalis* introduits tous les mois.

Lots C notés C1 et C2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 100 couples de *D. basalis* introduits au début de l'expérience

+ 100 couples de *D. basalis* introduits deux fois pendant les deux premiers mois.

L3. Détermination de la densité minimale d'adultes de *D. basalis* à introduire dans les stocks pour le contrôle des populations de *C. maculatus*.

Les expérimentations s'étendaient du 06 Mars au 04 Juillet 1997. Les lots suivants répétés deux fois chacun sont constitués :

Lots A (ce sont les lots témoins) notés A1 et A2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*.

Comme dans le cas précédent, les larves de *C. maculatus* introduites sont à différents stades de développement soit 150 L₁, 150 L₂, 150 L₃, 150 L₄ et 150 nymphes.

Lots B notés B1 et B2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 19 couples de *D. basalis* représentant une pression parasitaire de 1 couple de *D. basalis* pour 40 hôtes, introduits en même temps que les larves et 19 couples un mois plus tard.

Lots C notés C1 et C2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 38 couples de *D. basalis* soit un rapport de 1 couple de parasitoïde pour 20 hôtes, introduits en même temps que les larves et 38 couples de *D. basalis* un mois plus tard.

Lots D notés D1 et D2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 75 couples de *D. basalis*, ce qui représente une pression parasitaire de 1 couple de parasitoïde pour 10 hôtes, introduits en même temps et 75 couples un mois plus tard.

Lots E notés E1 et E2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 150 couples de *D. basalis*, soit un rapport de 1 couple de *D. basalis* pour 5 hôtes, introduits en même temps que les larves et 150 couples de *D. basalis* un mois plus tard.

I.4. Les paramètres étudiés

Les jarres sont vidées tous les 15 jours et les insectes morts sont recueillis, déterminés puis dénombrés. Les insectes vivants ainsi que les graines de niébé sont remis dans les jarres.

Les taux d'accroissement naturel (Ta) de *C. maculatus* sont déterminés suivant la formule antérieurement définie. En considérant comme effectifs initiaux de bruches, le nombre de larves de *C. maculatus* introduites au départ, nous pouvons comparer les taux d'accroissement obtenus dans les différents lots entre eux.

Le taux de réduction Tr des effectifs de *C. maculatus* dans les différents lots par rapport aux lots témoins est également déterminé par la formule définie plus haut.

Au début et à la fin des expériences, la teneur en eau des graines (après extraction des larves) est déterminée pour chaque lot. Trente graines sont pesées avant et après un séjour de trois jours dans une étuve où la température est de 90° C. La teneur en eau des graines (Te) est calculée suivant la formule :

$$Te \text{ (en \%)} = \frac{Pf - Ps}{Pf} \times 100$$

Pf = Poids frais des graines avant leur passage dans l'étuve.

Ps = Poids sec des graines après leur passage dans l'étuve.

Le taux de parasitisme Tp est déterminé pour chaque série d'expériences par la formule utilisée par Monge *et al.* (1995) :

$$Tp \text{ (en \%)} = \frac{NP}{NP + NB} \times 100$$

NP = nombre total de parasitoïdes (*D. basalis*) qui ont émergé des jarres pendant l'étude

NB = nombre total de bruches (*C. maculatus*) qui ont émergé des jarres pendant l'étude.

Compte tenu des introductions successives d'adultes de *D. basalis*, le taux d'accroissement naturel de ses populations est difficile à calculer. Seul le taux de parasitisme sera donc analysé. Il est calculé en considérant comme effectifs finaux le nombre total de parasitoïdes collectés duquel on retranche le nombre introduit au cours de l'étude.

A la fin de l'expérience, on apprécie la qualité des graines de niébé par l'estimation de la perte en poids d'un échantillon de 200 graines par traitement. Le poids moyen de 200 graines saines (sur un échantillon de dix lots), sans trous d'émergences d'adultes de bruches étant connu au début de l'expérience (d'environ 30,90 g), la perte en poids (Pp) est donnée par la formule :

$$Pp \text{ (Perte en poids en \%)} = \frac{Ps - Pf}{Ps} \times 100$$

Ps représente le poids de 200 graines saines non dégradées au début de l'expérience
Pf est le poids de 200 graines dans les jarres à la fin de l'expérience.

I.5. Analyse statistique des données

A la fin de chaque expérience, les effectifs cumulés obtenus dans les différents lots sont comparés entre eux par un test du χ^2 .

II. RESULTATS

II.1. Contrôle biologique de *C. maculatus* par des introductions successives d'adultes de *D. basalis* dans les stocks.

a- Analyse des effectifs de *C. maculatus*

Tableau 18 : Effectifs, taux d'accroissement et de réduction de *C. maculatus*.

Lots	Effectifs initiaux	Effectifs finaux	Taux d'accroissement	Taux de réduction par rapport au témoin (%)
A1	750	43 939	4,07	
A2	750	43 304	4,06	
Moy. lot A	750	43 622	4,06	
B1	750	5 330	1,96	87,87
B2	750	6 499	2,16	84,99
Moy. lot B	750	5 915	2,07	86,44
C1	750	7 336	2,28	83,30
C2	750	8 112	2,38	81,27
Moy. lot C	750	7 724	2,33	82,29

En absence de parasitoïdes et avec des effectifs initiaux de 750 larves introduites au début, les effectifs de *C. maculatus* sont importants dans les lots témoins. Après cinq mois et demi de stockage, en moyenne 43622 adultes de *C. maculatus* ont émergé, ce qui fait un taux d'accroissement de ses effectifs de 4,06 (tableau 18).

Les introductions successives de *D. basalis* entraînent une baisse significative des effectifs de *C. maculatus* : χ^2 (effectifs lots A-B-C) = 144,16 ; 2 ddl, S. La réduction des effectifs de *C. maculatus* est de 86,44 % pour le lot B (introductions régulières de *D. basalis* tous les mois pendant la durée de l'expérience) et de 82,29 % pour le lot C où il a été introduit successivement 100 couples de *D. basalis* pendant les deux premiers mois de stockage. Le taux d'accroissement des effectifs de *C. maculatus* est de 2,07 (lot B) et de 2,33 (lot C). Une comparaison de ces effectifs par le test du χ^2 montre des différences significatives entre ces deux lots : χ^2 (effectifs lots B-C) = 15,90 , 1 ddl, S.

b- Analyse des effectifs de *D. basalis*

Tableau 19 : Effectifs et taux de parasitisme de *D. basalis* dans les lots B et C.

Lots	Effectifs initiaux	Effectifs finaux	Taux de parasitisme (%)
B1	200	18 748	77,49
B2	200	23 229	77,84
Moy. lot B	200	20 989	77,68
C1	200	24 821	76,45
C2	200	31 578	79,03
Moy. lot C	200	28 200	77,88

Les effectifs finaux cumulés de *D. basalis* sont plus importants dans le lot C (χ^2 lots B-C = 4,16 ; 1 ddl, S). Par contre le taux de parasitisme, élevé (d'environ 77 %), est pratiquement le même dans les deux lots (tableau 19). Cela signifie que deux ou plusieurs introductions de *D. basalis* produisent les mêmes effets.

c- Evolution des effectifs d'insectes au cours du temps

On peut distinguer trois phases dans l'évolution des effectifs de *C. maculatus* dans les lots témoins (figure 16) :

- Une phase d'accroissement lente des effectifs durant le mois de Janvier, probablement liée aux températures basses de cette période qui provoquent l'allongement de la durée du développement et à la structure initiale de la population d'adultes (liée à l'introduction d'un faible nombre de larves de différents stades).

- Une phase d'accroissement caractérisée par des taux d'accroissement élevés au mois de Mars, due aux variations des conditions climatiques et notamment aux températures élevées qui réduisent de façon significative la durée du développement. Selon Sanon (1997), cette période est caractérisée par une augmentation des capacités intrinsèques d'accroissement (R_m), une réduction de la durée de vie et une fécondité élevée des femelles.

- Une phase de régression des effectifs due à la compétition intraspécifique qui entraîne une réduction de la fécondité des femelles et une forte mortalité durant le développement post-

embryonnaire. Elle peut être également la conséquence des variations des conditions climatiques et de l'humidité élevée qui provoquent une augmentation de la mortalité larvaire (Ouedraogo, 1991).

Dans les lots où *D. basalis* a été introduit, la courbe d'évolution des effectifs des populations de *C. maculatus* est la même que celle des témoins, mais les effectifs sont moins importants à cause de l'impact des parasitoïdes. Lors de la seconde phase (phase d'accroissement des températures et des effectifs), les populations de bruches se maintiennent à une densité plus faible et la présence des parasitoïdes limite cette augmentation.

Les effectifs de *D. basalis* suivent la même évolution que celle de *C. maculatus*. Ils augmentent entre Mars et Avril, puis décroissent. Les taux de parasitisme, faibles au début, augmentent par la suite et atteignent leurs valeurs maximales au mois de Juin (figure 17).

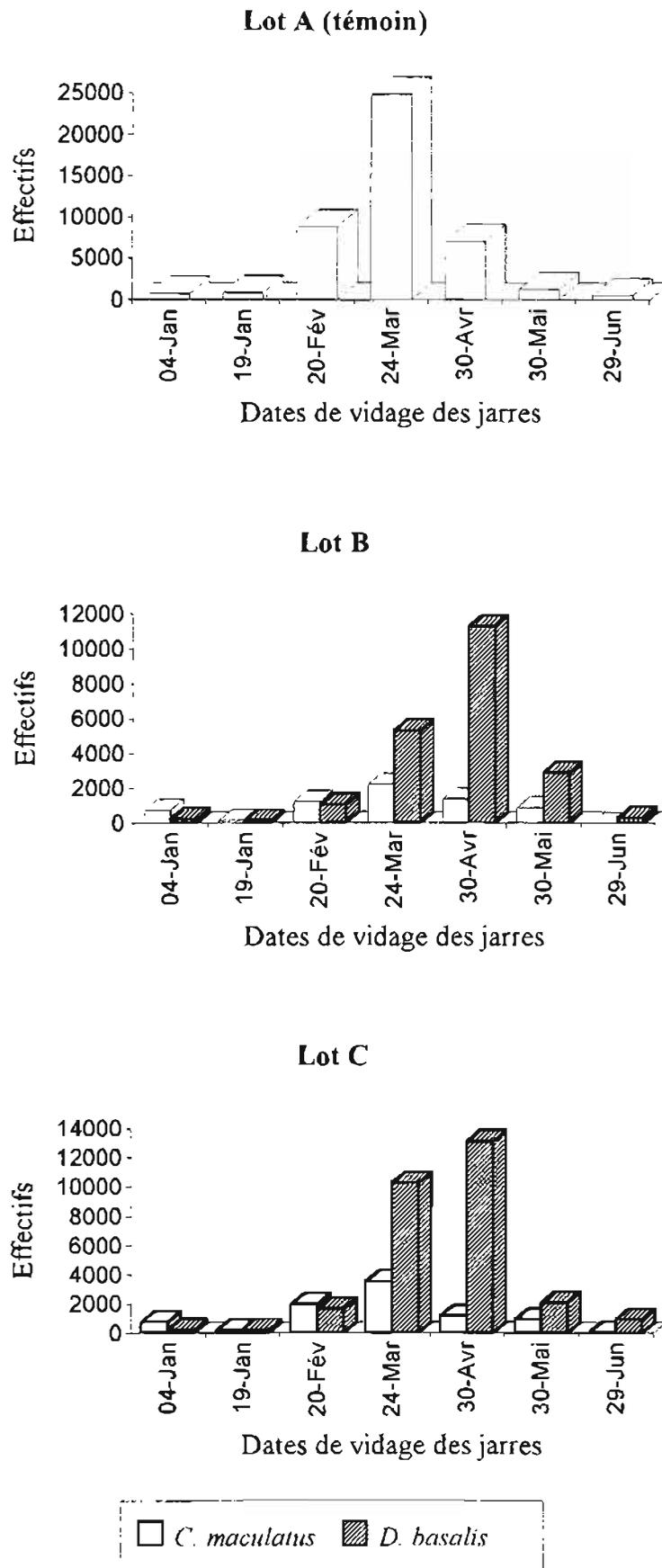


Figure 16 : Evolution des effectifs de *C. maculatus* et de *D. basalis* dans les lots A, B et C.

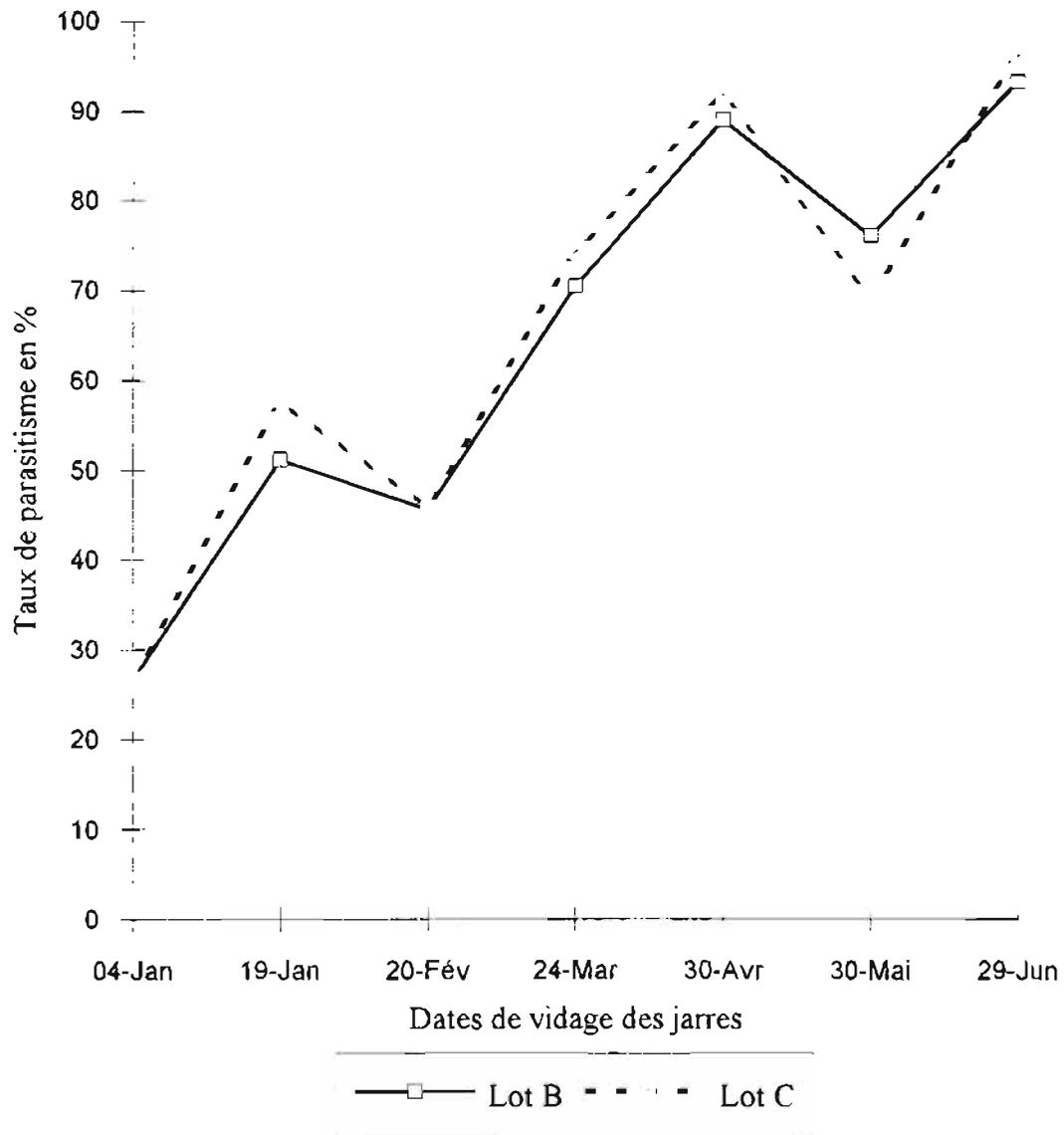


Figure 17 : Evolution des taux de parasitisme de *D. basalis* dans les lots B et C.

d- Analyse de la perte en poids des grainesTableau 20 : Perte en poids et teneur en eau des graines en cinq mois et demi de stockage

	Lot A (témoin)	lot B	lot C
Perte en poids (%)	50,50	15,28	15,96
Teneur en eau début (%)	8,12	7,81	7,25
Teneur en eau fin (%)	11,91	8,50	8,49

Les graines du lot témoin, conservées en absence des parasitoïdes, présentent une perte de 50,50 % de leur poids initial en cinq mois et demi de stockage (tableau 20). Cette perte est essentiellement due au développement d'un nombre important de larves de *C. maculatus*. La teneur en eau des graines passe de 8,12 au début à 11,91 % à la fin de l'expérience.

Lorsque l'on introduit des adultes de *D. basalis*, la perte en poids des graines n'est en moyenne que de 15,28 % et de 15,96 % respectivement dans les lots B et C. La teneur en eau des graines évolue très peu (tableau 20). Dans ce cas les graines de niébé sont mieux conservées.

II.2. Détermination de la densité minimale d'adultes de *D. basalis* à introduire dans les stocks pour le contrôle des populations de *C. maculatus*.

a- Analyse des effectifs de *C. maculatus*

Tableau 21 : Effectifs, taux d'accroissement et de réduction de *C. maculatus* dans les différents lots.

Lots	Effectifs initiaux	Effectifs finaux	Taux d'accroissement	Taux de réduction par rapport au témoin (%)
A1	750	27 973	3,62	
A2	750	33 482	3,80	
Moy. lot A	750	30 728	3,71	
B1	750	16 387	3,08	41,42
B2	750	12 859	2,84	61,59
Moy. lot B	750	14 623	2,97	52,41
C1	750	6 788	2,20	75,73
C2	750	5 142	1,93	84,64
Moy. lot C	750	5 965	2,07	80,59
D1	750	3 583	1,56	87,19
D2	750	5 220	1,94	84,40
Moy. lot D	750	4 402	1,77	85,67
E1	750	4 341	1,76	84,48
E2	750	4 637	1,82	86,15
Moy. lot E	750	4 489	1,79	85,39

En absence de parasitoïdes (lot témoin), les effectifs de *C. maculatus* sont importants. Le taux d'accroissement des populations après quatre mois de stockage est en moyenne de 3,71.

En présence de parasitoïdes, on observe une réduction significative des effectifs d'adultes de bruches par rapport au lot témoin : χ^2 (lots A-B-C-D-E) = 1418,49 ; 4 ddl, S. Cette réduction dépend du nombre de parasitoïdes introduits. Elle est en moyenne de 52,41 % dans le lot B et de plus de 80 % dans les autres lots (tableau 21). Il existe une différence significative entre :

- les effectifs du lot B et des lots suivants : χ^2 (lots B-C-D-E) = 791,09 ; 3 ddl, S.
- les effectifs du lot C et des lots D et E : χ^2 (lots C-D-E) = 538,55 ; 2 ddl, S.

Par contre, il n'existe pas de différences significatives entre les effectifs de bruches des lots D et E : χ^2 (lots D-E) = 0,86 ; 1 ddl, NS. Les taux d'accroissement de *C. maculatus*, faibles dans ces lots, sont sensiblement les mêmes.

b- Analyse des effectifs de *D. basalis*

Tableau 22 : Effectifs et taux de parasitisme de *D. basalis* dans les différents lots

Lots	Effectifs initiaux	Effectifs finaux	Taux de parasitisme (%)
B1	38	11 650	41,39
B2	38	14 595	53,03
Moy. lot B	38	13 123	47,15
C1	76	9 001	56,59
C2	76	7 856	59,97
Moy. lot C	76	8 429	58,12
D1	150	12 675	77,55
D2	150	13 623	71,85
Moy. lot D	150	13 149	74,48
E1	300	17 742	79,79
E2	300	16 126	77,00
Moy. lot E	300	16 934	78,44

Les effectifs finaux cumulés de *D. basalis* sont plus importants dans le lot E (introduction initiale de 150 couples de ce parasitoïde) que dans les lots B, C et D : χ^2 (lots E-B-C-D) = 507,17 ; 3 ddl, S. Il existe également une différence significative entre les effectifs du lot C (introduction initiale de 38 couples de *D. basalis*) et ceux des lots B et D : χ^2 (effectifs lots C-B-D) = 334,12 ; 2 ddl, S. Les différences observées entre les lots B et D (introduction initiale respective de 19 et 75 couples de *D. basalis*) ne sont pas significatives : χ^2 (lots B-D) = 0,16 , 1 ddl, NS.

Les taux de parasitisme suivent la même évolution que l'augmentation des densités de parasitoïdes introduits dans les différents lots au début de l'expérience. Comparativement au cas précédent où 100 couples étaient introduits initialement dans les stocks (taux de parasitisme supérieurs à 70 %), ici, seuls 75 et 150 couples de *D. basalis* introduits au début arrivent à atteindre de tels taux. Avec 19 couples au début, ce taux n'est en moyenne que de 47,15 % (tableau 22).

c- Evolution des effectifs d'insectes au cours du temps

Les effectifs de *C. maculatus* dans les lots témoins évoluent comme dans le cas précédent. Faibles au début de l'expérience, ils atteignent leurs valeurs maximales au mois de Juin, puis décroissent.

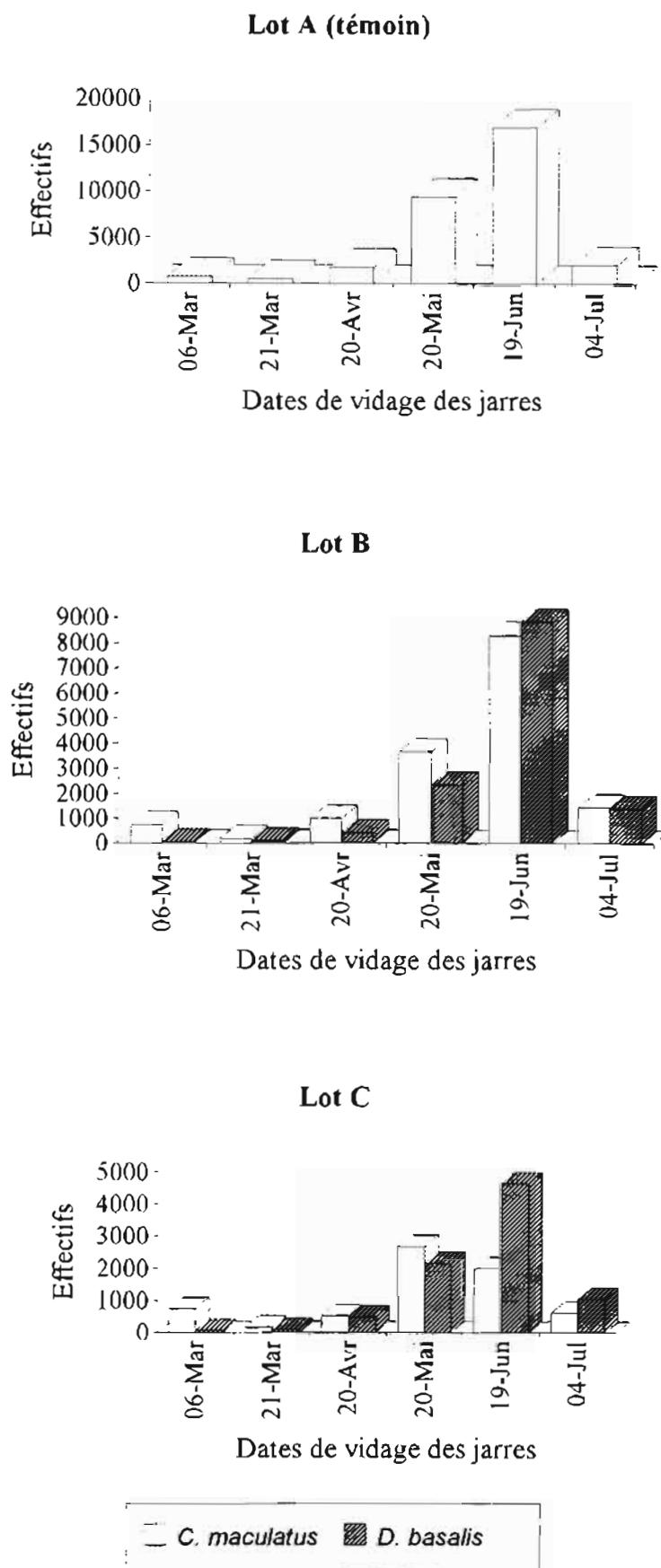


Figure 18A : Evolution des effectifs de *C. maculatus* et de *D. basalis* dans les lots A, B et C.

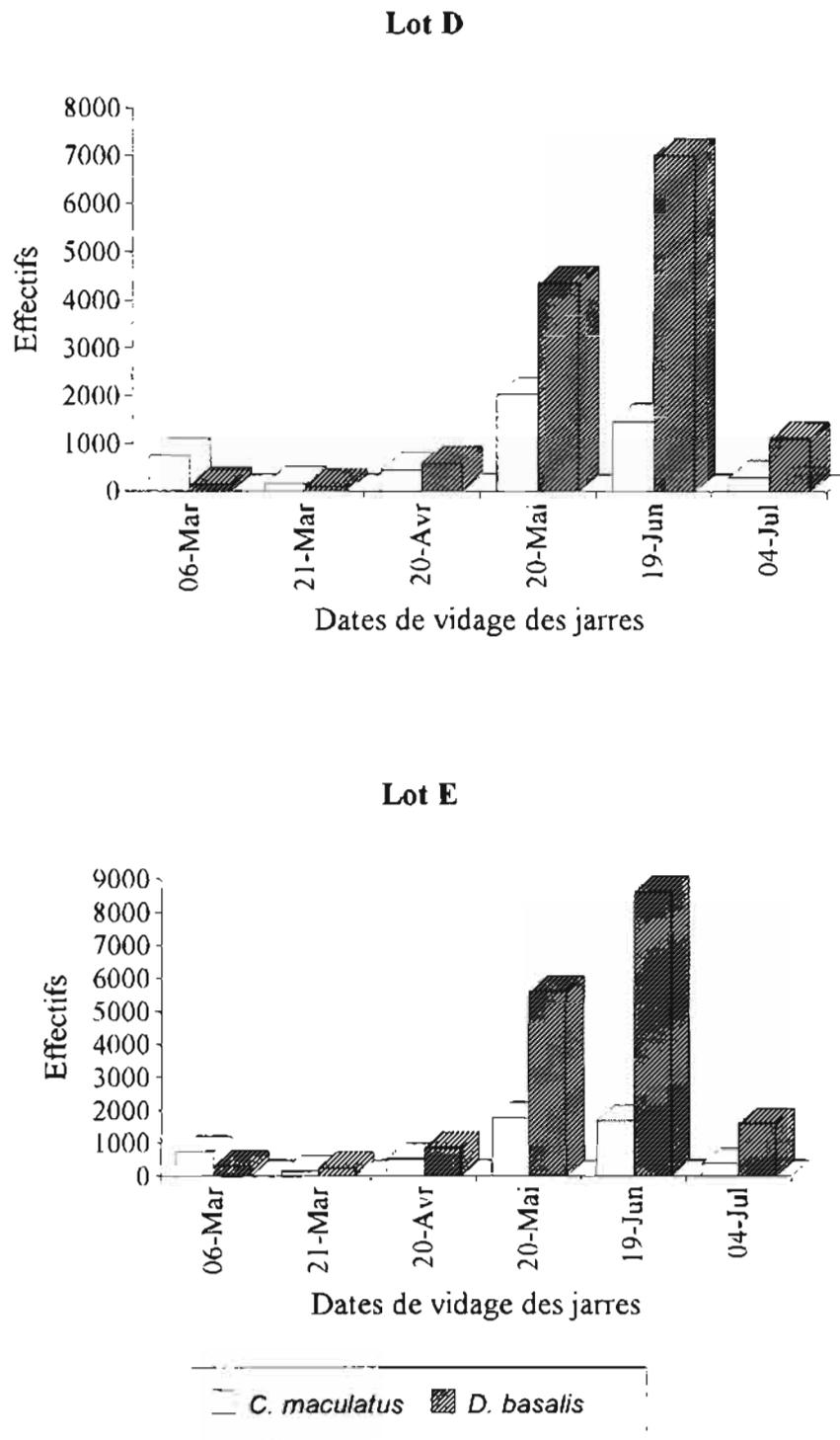


Figure 18B : Evolution des effectifs de *C. maculatus* et de *D. basalis* dans les lots D et E.

Dans les lots où les parasitoïdes sont introduits, les effectifs d'adultes de *C. maculatus*, faibles durant les deux premiers mois de stockage, s'accroissent pour atteindre leurs valeurs maximales en Mai-Juin, puis décroissent (figures 18A et 18B).

Dans les lots B, C et D les effectifs d'hôtes sont plus importants que ceux de parasitoïdes en début d'expérience. Cela se traduit par de faibles taux de parasitisme. Dans le lot B, le taux de parasitisme est proche de 50 % au mois de Juin, alors qu'il est supérieur à 60 % pour le lot E dès le 21 Mars en début d'expérience (figure 19). Dans ce lot, les effectifs de parasitoïdes sont toujours supérieurs à ceux de leurs hôtes quelle que soit la période considérée. Cela se traduit par des taux de parasitisme élevés. Les populations de bruches sont ainsi maintenues à un niveau relativement bas.

d- Analyse de la perte en poids des graines

Tableau 23 : Perte en poids et teneur en eau des graines en quatre mois de stockage

Lots	Lot A (témoin)	lot B	lot C	lot D	lot E
Perte en poids (%)	50,59	27,96	6,58	5,10	5,20
Teneur en eau début (%)	7,98	8,31	7,16	7,93	7,50
Teneur en eau fin (%)	12,78	10,01	8,27	8,85	8,19

Dans le lot témoin, les graines présentent une perte en poids de 50,59 % après quatre mois de stockage. La teneur en eau des graines passe de 7,98 en début de stockage à 12,78 % à la fin de l'expérience.

Les introductions de différentes densités d'adultes de *D. basalis* entraînent une baisse de la perte en poids des graines. Dans les lots C, D et E, ces pertes sont inférieures à 7 %. Les écarts entre les teneurs en eau des graines au début et celles en fin d'expérience sont faibles (tableau 23).

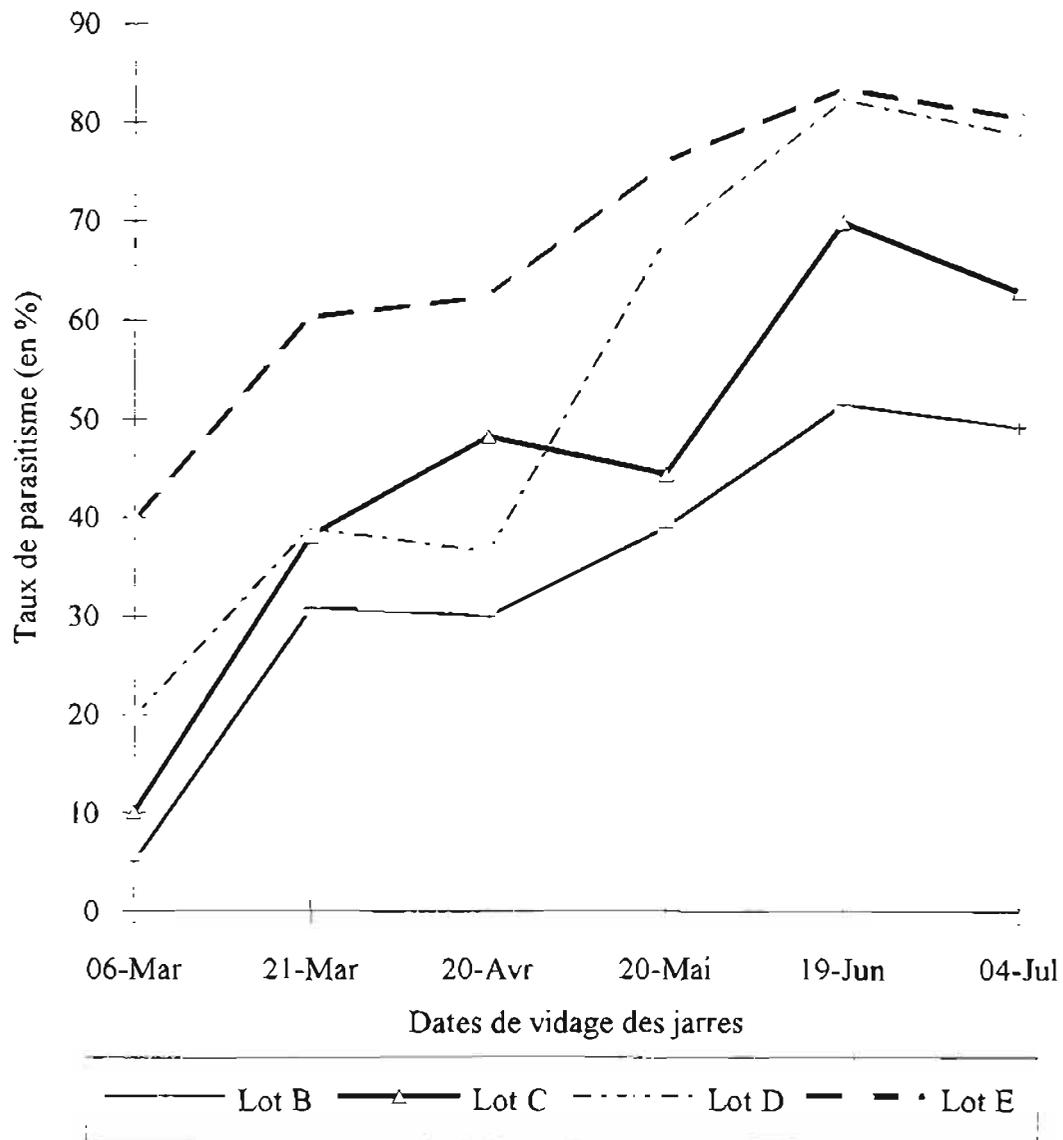


Figure 19 : Evolution des taux de parasitisme de *D. basalis* dans les différents lots.

III. DISCUSSION

Les études réalisées montrent l'importance des variations climatiques pendant la saison sèche sur les populations de *C. maculatus* et de *D. basalis*.

Lorsqu'on analyse l'évolution des populations de *C. maculatus* dans les systèmes de stockage, on remarque comme cela a été observé au Niger par Huignard et Monge (1993) une phase d'accroissement lent au début de la saison sèche qui est liée à la structure des populations, aux températures basses et à la faible hygrométrie régnant à cette période. L'accroissement des températures, en influençant la durée du développement, provoque une augmentation des effectifs en Mars-Avril. Les densités importantes de populations à ce moment provoquent une compétition intraspécifique qui entraîne probablement comme cela a été observé au laboratoire une réduction de la fécondité (Mitchell, 1975 ; Messina et Renwick, 1985) et un accroissement important de la mortalité larvaire résultant de combats larvaires en raison d'une réduction importante des ressources trophiques disponibles (Utida, 1972 ; Bellows, 1982). *C. maculatus* adopte donc en situation de compétition intraspécifique une stratégie différente de celle observée chez d'autres Bruchidae comme *Acanthoscelides obtectus* Say. Chez cette espèce, le surpeuplement larvaire aboutit à une miniaturisation des adultes qui émergent (Desroches, 1980).

En absence de toute pression parasitaire, les effectifs de *C. maculatus* évoluent de manière importante. Les valeurs observées à la fin de l'expérience sont élevées ce qui se traduit par des pertes en poids des graines de l'ordre de 50 %.

L'introduction de 100 couples de *D. basalis* au début pendant les deux premiers mois ou pendant toute la durée du stockage entraîne une réduction significative de plus de 80 % des effectifs de *C. maculatus*. Les taux de parasitisme à la fin de l'expérience, présentent des valeurs élevées (plus de 77 %). Dans ces conditions, les pertes en poids des graines sont d'environ 15 %. Des introductions massives de *D. basalis* au début du stockage limitent l'accroissement des populations de *C. maculatus* et on obtient à la fin du stockage des graines de niébé d'assez bonne qualité.

L'analyse du suivi des effectifs au cours du temps montre que l'évolution des populations de *D. basalis* est du même type que celle de son hôte avec une période de faible accroissement au cours de la saison froide liée à la température mais aussi à la faible disponibilité des hôtes à cette période. L'accroissement des températures et du nombre d'hôtes entraînent une augmentation des effectifs de

parasitoïdes. Selon Sanon (1997), cette réponse des parasitoïdes à l'augmentation du nombre d'hôtes est une réponse densité dépendante et se rapproche de la réponse fonctionnelle du type II décrite par Holling (1959 b). Dans ce type de réponse dite " équation des disques ", le nombre d'hôtes parasités reste constant ou augmente lentement lorsque la densité d'hôtes s'accroît (Holling, 1959 b).

La détermination de la densité minimale de parasitoïdes à introduire pour limiter les populations de bruches a révélé que :

- 19 couples de *D. basalis* représentant une pression parasitaire de 1 couple de parasitoïdes pour 40 hôtes n'ont pas permis un contrôle efficace des populations de bruches, malgré l'introduction supplémentaire d'un nombre plus important.

- avec 38, 75 et 150 couples de *D. basalis* introduits, la réduction des effectifs de bruches est significative. Après quatre mois de stockage, la réduction des effectifs de *C. maculatus* est supérieure à 80 %. Des taux similaires ont été obtenus par Sanon (1997) en zone guinéenne de Bobo-Dioulasso. Au Togo, des taux allant jusqu'à 99,9 % de réduction ont même été obtenus par Amevoin (1998). Avec ces densités, la perte en poids des graines de niébé est inférieure à 7 %.

Cette étude montre que *D. basalis* pourrait être un bon agent de lutte biologique contre les Bruchidae dans les systèmes de stockage et confirme les observations antérieures faites au Burkina Faso en conditions naturelles de stockage de graines de niébé (Sou, 1994 ; Sanon, 1995 ; 1997 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 b ; 1997). L'utilisation de telles méthodes de lutte dans les systèmes de stockage a été envisagée contre diverses espèces de ravageurs (Finlayson, 1950 ; Williams & Floyd, 1971 ; Arbogast, 1984 ; Van Huis, 1991) mais rarement démontrée. Avec *D. basalis*, l'efficacité du parasitoïde dépendrait des conditions microclimatiques régnant dans les zones étudiées et de la densité des parasitoïdes introduits.

CHAPITRE 5

**IMPACT DE SUBSTANCES D'ORIGINE VEGETALE A
PROPRIETES INSECTICIDES SUR LE SYSTEME BRUCHES -
PARASITOIDES DANS LES STRUCTURES DE STOCKAGE.**

INTRODUCTION

Dans la zone sahélienne d'Afrique la pluviométrie est non seulement irrégulière, mais insuffisante et mal répartie dans la saison. Très souvent, pour obtenir un bon développement des cultures et surtout pour conserver les récoltes, la protection chimique apparaît indispensable.

Depuis fort longtemps, des fumigants (bromure de méthyle, pyrimiphos méthyle, Malathion) sont utilisés pour protéger les récoltes. Outre leur coût élevé, ces produits présentent une certaine toxicité pour l'utilisateur et le consommateur, un risque de pollution de l'environnement. Dans les stocks de niébé les substances actives de ces pesticides peuvent agir sur les oeufs et adultes de bruches, mais les larves de ces insectes du fait qu'elles évoluent à l'intérieur des graines, sont souvent épargnées, surtout si la rémanence du produit est faible. Elles peuvent donc ne pas empêcher la sortie de nouvelles générations. Les parasitoïdes qui accompagnent fréquemment ces bruches et qui constituent des auxiliaires précieux pour l'homme, peuvent être affectés par ces produits.

C'est en tenant compte de ces risques que de nouvelles méthodes de lutte sont envisagées. Parmi celles-ci, il y a l'utilisation de plantes et d'extraits de plantes (racines, écorces, feuilles, fruits...) afin d'exploiter leurs effets chimiques à rôle phytosanitaire possible. Parmi ces divers composés d'origine végétale susceptibles de protéger les récoltes contre les insectes, on trouve des produits antiappétants, répulsifs et létaux ou toxiques (De Luca, 1980).

De nombreuses investigations ont permis de dresser une liste des différentes plantes pouvant détruire les bruches pendant la conservation du niébé. On peut citer entre autres : *Amaranthus grecizans* L. (Amaranthaceae), *Capiscicum sp* (Solanaceae), *Azadirachta indica* L. (Meliaceae), *Euphorbia balsamifera* (Euphorbiaceae), *Calotropis procera* (Asclepiadaceae), *Ammona senegalensis* (Annonaceae), *Iboza riparia* (Lamiaceae), *Hypsis spicigera* Lam (Labiaceae), *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. (Capparidaceae). Dans cette étude, nous utilisons la dernière citée.

B. senegalensis est un arbuste d'environ 3 m de haut qui pousse sur divers types de sols et qui est distribué dans la plupart des régions tropicales d'Afrique (Booth & Wickens, 1988). Ses feuilles et ses fruits sont utilisés dans l'alimentation humaine et pour la nourriture du bétail (Becker, 1983 ; 1986 ; Burkill, 1985). Les feuilles, l'écorce et les racines sont utilisées pour leurs propriétés médicinales (Booth & Wickens, 1988).

De nombreux travaux ont montré que *B. senegalensis* contient différents composés et notamment des isothiocyanates, dérivés de glucosinolates précurseurs. Ce sont des produits soufrés toxiques vis-à-vis des insectes (Nammour *et al.*, 1989 ; Seck *et al.*, 1993 ; Auger *et al.*, 1994). L'analyse chromatographique des composés volatiles des feuilles de *B. senegalensis* (figure 20) montre qu'ils présentent des spectres ayant un pic majeur (92 % du total) après un certain temps de rétention de 9,3 et 6,5 minutes (Seck *et al.*, 1993).

Ces produits sont-ils actifs sur les bruches et en particulier détruisent-ils les adultes de *C. maculatus* pour les maintenir à un niveau bas en début de stockage?

Quel peut être l'effet de ces produits sur l'évolution ultérieure des populations de bruches?

Quels sont leurs effets sur les Hyménoptères parasitoïdes et en particulier sur *D. basalis* que les études antérieures décrivent comme étant le meilleur agent de lutte biologique contre *C. maculatus* notamment?

Dans la présente étude, nous analysons dans un système expérimental de stockage, l'évolution des populations de *C. maculatus* au cours de la saison sèche en absence ou en présence de *B. senegalensis*, de *D. basalis* et des deux à la fois.

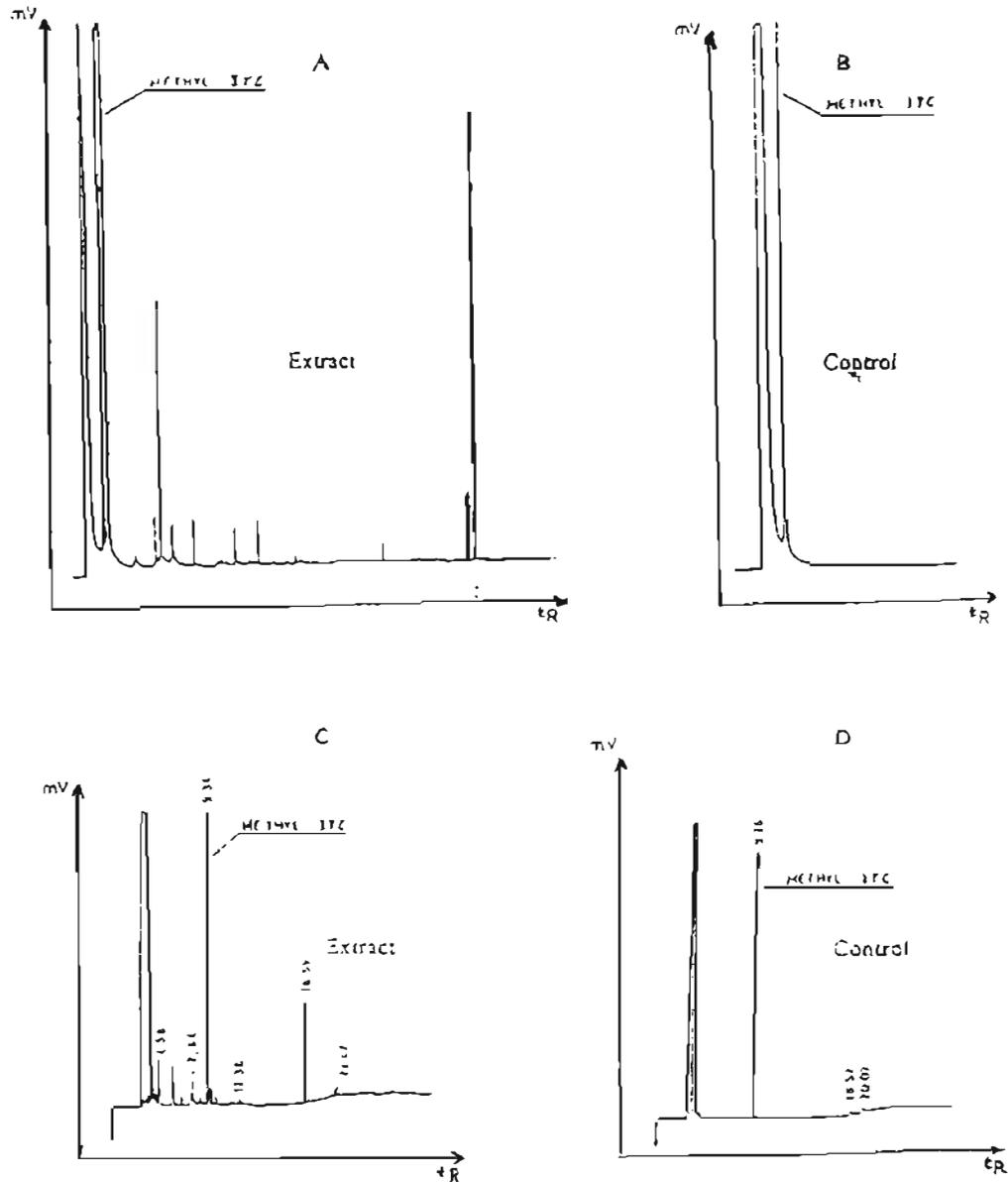


Figure 20 : Présentation des spectres des composés volatiles des feuilles de *B. senegalensis* en chromatographie avec des colonnes apolaires (A et B) et des colonnes polaires (C et D) (d'après Seck *et al.*, 1993)

I. MATERIELS ET METHODES.

Les essais ont débuté le 06 Février et ont pris fin le 06 Juillet 1997, soit cinq mois de stockage. Des feuilles vertes triturées de *B. senegalensis* sont utilisées à la dose de 0,5 Kg de feuilles pour 3 Kg de graines de niébé.

Les lots suivants répétés deux fois chacun sont constitués :

Lots A (lots témoins) notés A1 et A2 : 3 kg de graines saines de niébé

+ 750 larves de *C. maculatus* réparties en 150 larves L₁, 150 larves L₂, 150 larves L₃, 150 larves L₄ et 150 nymphes.

Lots B notés B1 et B2 : 3 kg de graines saines

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 500 g de feuilles triturées de *B. senegalensis* introduits au début de l'expérience.

Lots C notés C1 et C2 : 3 kg de graines saines

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 500 g de feuilles triturées de *B. senegalensis*

+ 150 couples de *D. basalis* introduits au début de l'expérience.

Lots D notés D1 et D2 : 3 kg de graines saines

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 500 g de feuilles triturées de *B. senegalensis* introduits au début de l'expérience

+ 150 couples de *D. basalis* introduits 15 jours après le début de l'expérience.

Lots E notés E1 et E2 : 3 kg de graines saines

+ 750 larves de *C. maculatus*

+ 150 couples de *D. basalis* introduits en même temps au début de l'expérience.

Tous les mois et ce durant les deux mois qui suivent le début des expériences, 150 couples de *D. basalis* sont introduits respectivement dans les lots C, D et E.

Les mêmes paramètres étudiés ainsi que que les mêmes méthodes d'analyse statistique utilisées dans le chapitre 4 ont été adoptés.

II. RESULTATS.

a- Analyse des effectifs de *C. maculatus*

Tableau 24 : Effectifs, taux d'accroissement et de réduction de *C. maculatus* dans les différents lots.

Lots	Effectifs initiaux	Effectifs finaux	Taux d'accroissement	Taux de réduction par rapport au témoin (%)
A1	750	46 511	4,13	
A2	750	43 366	4,06	
Moy. lot A	750	44 939	4,09	
B1	750	33 012	3,78	29,02
B2	750	29 369	3,67	32,28
Moy. lot B	750	31 191	3,73	30,59
C1	750	14 350	2,95	69,15
C2	750	10 344	2,62	76,15
Moy. lot C	750	12 347	2,80	72,52
D1	750	11 967	2,77	74,27
D2	750	14 218	2,94	67,21
Moy. lot D	750	13 093	2,86	70,86
E1	750	5 248	1,94	88,72
E2	750	4 416	1,77	89,82
Moy. lot E	750	4 832	1,86	89,25

Après cinq mois de stockage, les effectifs de *C. maculatus* sont plus importants dans le lot témoin et le lot B. Il en est de même des taux d'accroissement (4,09 et 3,73). Les différences observées entre ces deux lots sont significatives : χ^2 (lots A-B) = 20,22 ; 1 ddl, S. Le taux de réduction des effectifs de bruches dans le lot B (où seulement 500 g de feuilles de *B. senegalensis* ont été introduites au début du stockage), faible, est en moyenne de 30,59 %.

Entre les lots C et D (introduction de feuilles de *B. senegalensis* et introduction au début et différée de 150 couples de *D. basalis*), il n'existe pas de différences significatives au niveau de leurs effectifs : χ^2 (lots C-D) = 0,73 ; 1 ddl, NS). Les taux d'accroissement (faibles), ainsi que les taux de réduction des effectifs de bruches par rapport au témoin (élevés), sont en moyenne pratiquement les mêmes (tableau 24).

Dans le lot E où il a été introduit initialement et successivement deux fois 150 couples de *D. basalis* uniquement, les effectifs de *C. maculatus* sont considérablement réduits (tableau 24). Les différences observées entre ce lot et les autres lots sont significatives : χ^2 (lots E-A-B-C-D) = 826,40 ; 4 ddl, **S**). Le taux d'accroissement de *C. maculatus* est très faible (1,86 en moyenne) et le taux de réduction des effectifs par rapport au témoin est très élevé.

b- Analyse des effectifs de *D. basalis*

Tableau 25 : Effectifs et taux de parasitisme de *D. basalis* dans les lots C, D et E.

Lots	Effectifs initiaux	Effectifs finaux	Taux de parasitisme (%)
C1	300	9 546	38,40
C2	300	9 777	47,10
Moy. lot C	300	9 662	42,33
D1	300	8 327	39,23
D2	300	10 748	41,65
Moy. lot D	300	9 538	40,57
E1	300	27 676	83,76
E2	300	27 096	85,71
Moy. lot E	300	27 386	84,72

Dans les lots C et D, où il a été introduit des feuilles de *B. senegalensis*, les effectifs des Hyménoptères sont plus faibles que dans le lot E (tableau 25). Il n'existe pas de différences significatives entre les effectifs des lots C et D : χ^2 (effectifs lots C-D) = 0,12 ; 1 ddl, **NS**.

Dans le lot E, les effectifs d'adultes de *D. basalis* sont plus importants. Les différences observées entre ces effectifs et ceux des lots C et D sont significatives : χ^2 (effectifs lots E-C-D) = 270,23 ; 2 ddl, **S**. Le taux de parasitisme est en moyenne élevé dans ce lot (84,72 %).

c- Evolution des effectifs d'insectes au cours du temps

En absence de parasitoïdes et de feuilles de *B. senegalensis*, les effectifs de *C. maculatus* évoluent normalement dans les lots témoins et on observe les trois phases obtenues dans les chapitres précédents. Les plus fortes valeurs sont observées durant la période de Mai-Juin, suivies d'une décroissance des effectifs (figures 21A et 21B).

L'introduction seule de feuilles triturées de *B. senegalensis* (lots B) n'entraîne pas une modification de la courbe d'évolution des effectifs de *C. maculatus*. L'action des substances actives contenues dans les feuilles se manifeste par un simple tassement des effectifs qui demeurent cependant importants.

La combinaison de l'action des feuilles triturées et de la présence de *D. basalis* (lots C et D) a pour conséquence une diminution importante des effectifs de bruches même si la courbe d'évolution conserve la même allure. Cette diminution pourrait être due à la destruction des larves de bruches par celles de *D. basalis*.

Lorsque *D. basalis* se trouve seul en présence de graines infestées par *C. maculatus*, son action est plus efficace. Les effectifs de bruches sont tenus à un niveau relativement bas tout au long de la période d'étude.

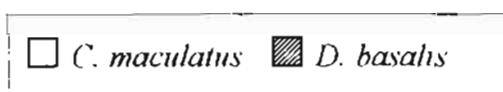
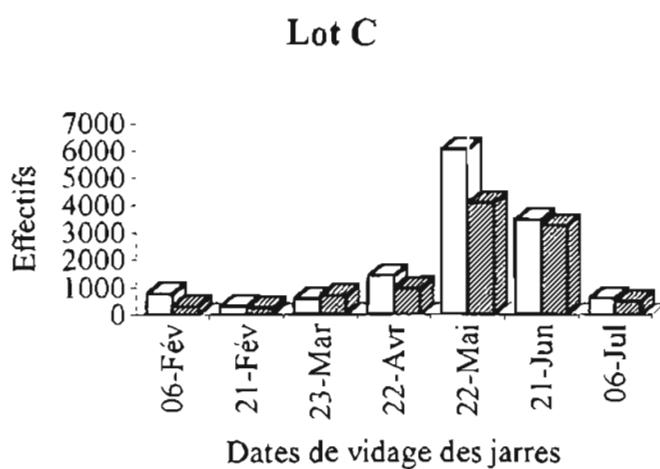
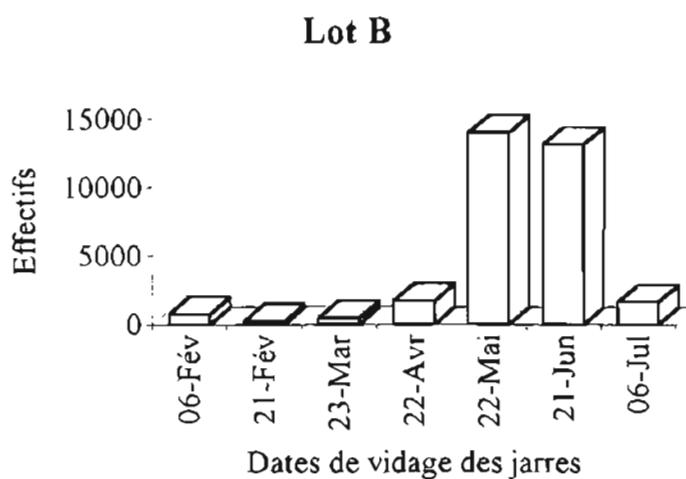
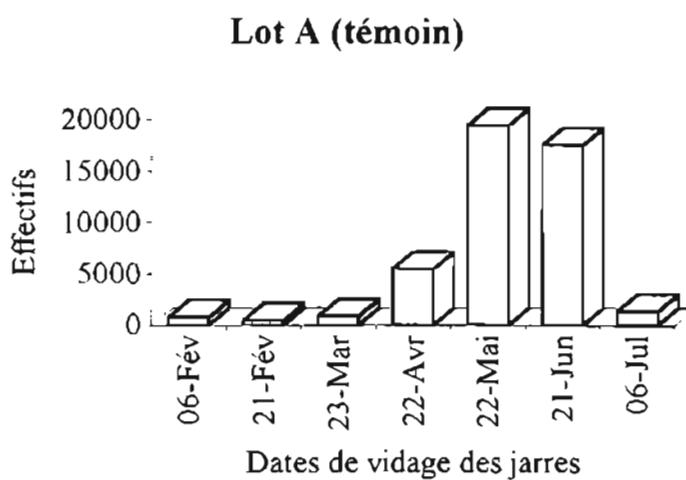


Figure 21A : Evolution des effectifs de *C. maculatus* et de *D. basalis* dans les lots A, B et C.

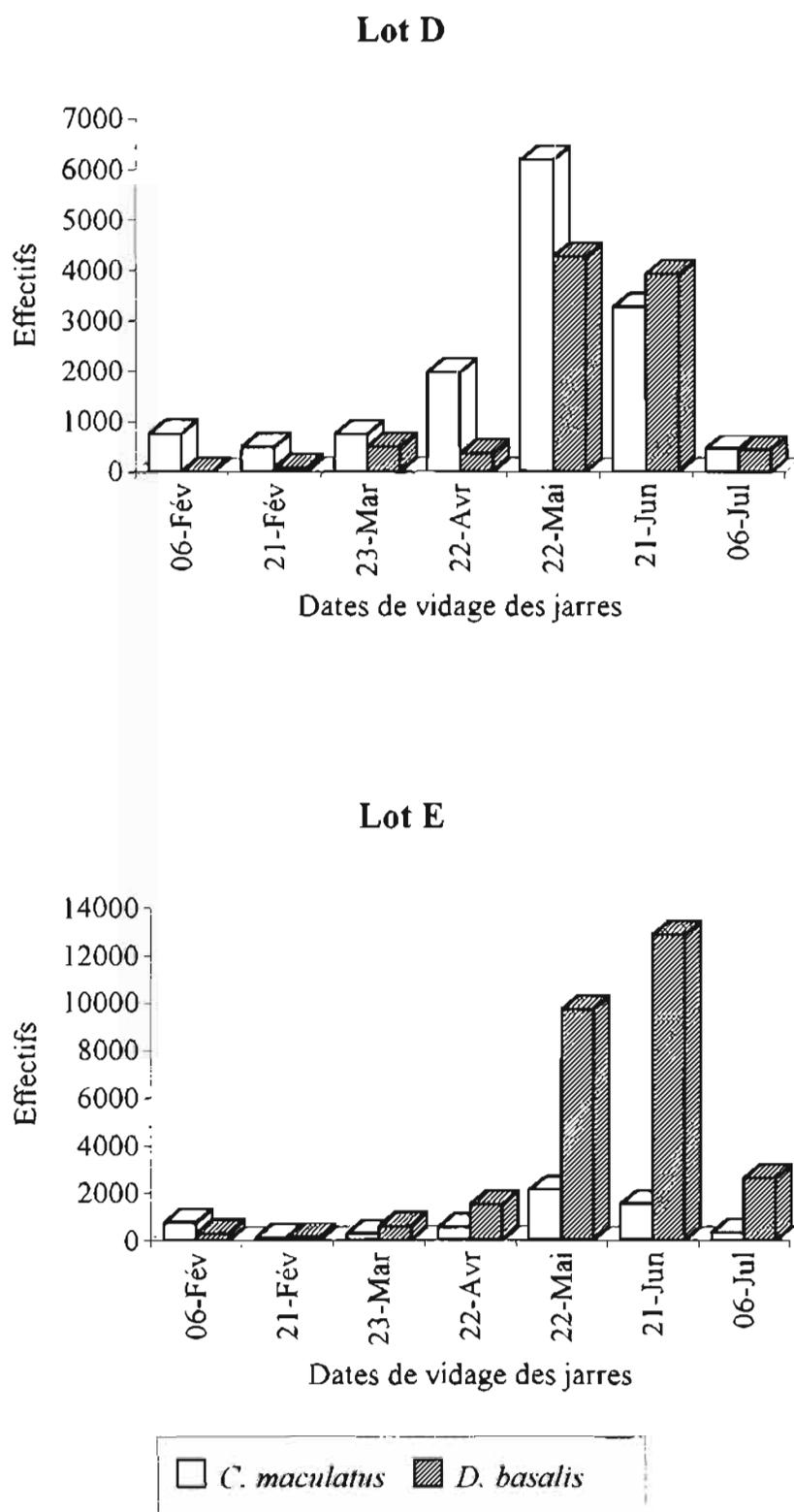


Figure 21B : Evolution des effectifs de *C. maculatus* et de *D. basalis* dans les lots D et E.

Les effectifs de *D. basalis* évoluent dans le même sens que ceux de leurs hôtes dans tous les lots où ce parasitoïde est introduit. Les valeurs les plus élevées s'observent lorsque ce parasitoïde agit seul (lot E).

L'analyse des taux de parasitisme (figure 22) montre :

- que les valeurs les plus élevées s'observent lorsque *D. basalis* agit seul (lot E). Elles sont toujours supérieures à 50 %.

- que dans les lots C et D, les valeurs sont plus faibles. Ceci pourrait être dû à une action létale des substances contenues dans les feuilles de *B. senegalensis* sur *D. basalis*.

d- Analyse de la perte en poids des graines

Tableau 26 : Perte en poids et teneur en eau des graines en cinq mois de stockage.

	Lot A (témoin)	Lot B	Lot C	Lot D	Lot E
Perte en poids (%)	55,04	48,85	8,02	6,81	4,68
Teneur en eau début (%)	8,27	7,67	7,85	7,58	7,93
Teneur en eau fin (%)	13,84	13,25	8,97	8,93	8,17

Après cinq mois de stockage, les pertes en poids des graines observées dans le lot témoin et le lot B sont importantes (respectivement de 50,04 % et de 48,85 %). Les teneurs en eau des graines sont également fortes dans ces lots.

Les introductions d'adultes de *D. basalis* limitent l'augmentation des effectifs de bruches d'où de faibles pertes en poids des graines à la fin de l'expérience, surtout pour le lot E où il a été introduit uniquement des adultes du parasitoïde (tableau 26).

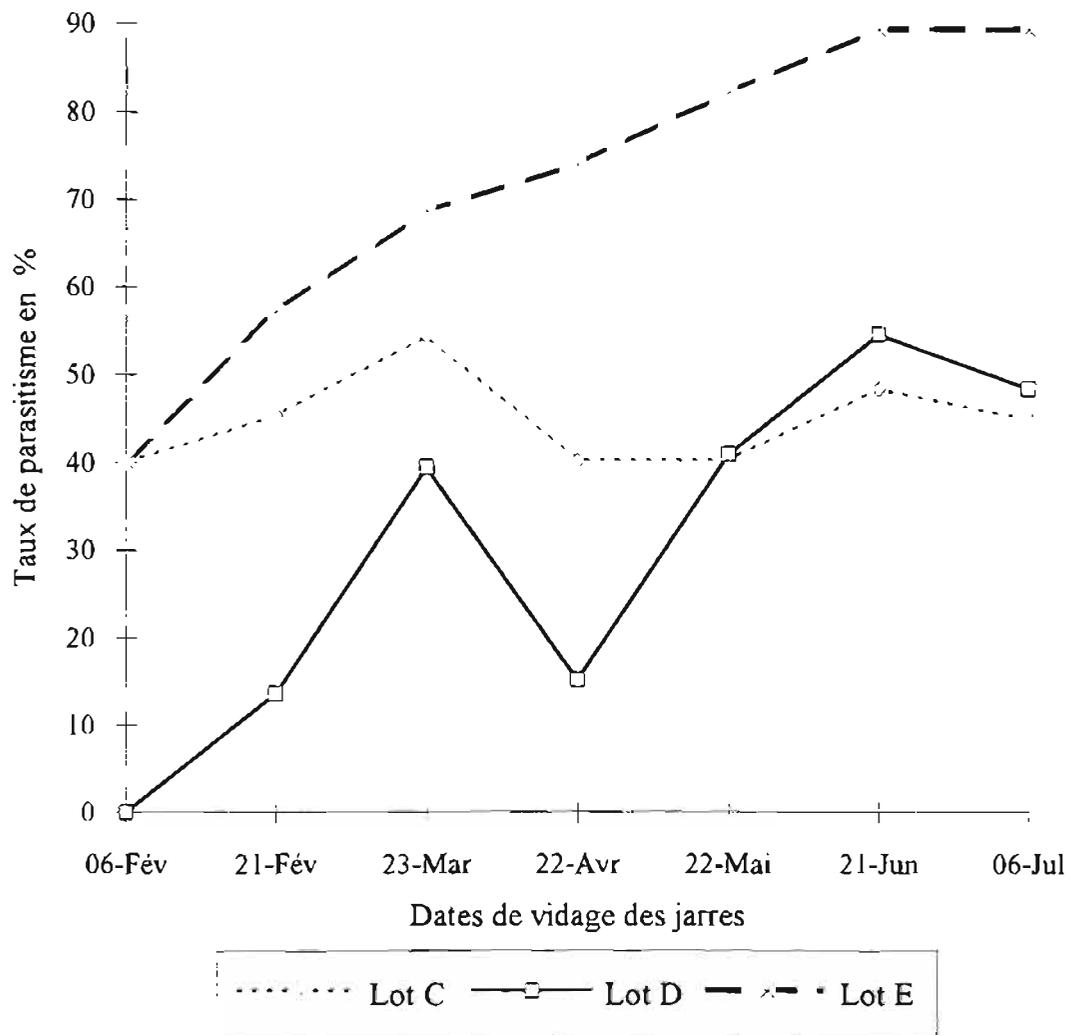


Figure 22 : Evolution des taux de parasitisme de *D. basalis* dans les lots C, D et E.

III. DISCUSSION

L'utilisation des produits bruts ou d'extraits d'origine végétale pour protéger les stocks contre les insectes ravageurs est envisagée depuis plusieurs années en Afrique et en Asie (Golob & Webley, 1980).

Au cours de cette étude, nous avons montré que les feuilles vertes triturées de *B. senegalensis* utilisées seules ne sont pas en mesure de limiter de façon efficace l'accroissement des effectifs de la bruche du niébé, *C. maculatus*. A la fin de la période d'observation (cinq mois), les graines ont perdu 48,85 % de leur poids et sont impropres à la consommation. En outre, cette action limitée des feuilles triturées ne s'exerce que dans les deux mois et demi suivant le début des expériences. Au terme de cette période, la croissance des effectifs de bruches reprend et semble même s'accélérer. Elle est comparable à celle observée chez le témoin. Ces résultats indiquent que les substances actives contenues dans ces feuilles perdent de leur efficacité avec le temps. Cette situation explique la reprise de la croissance des effectifs de bruches. En effet, selon Alzouma et Boubacar (1987) au Niger, lorsque l'effet des feuilles de *B. senegalensis* diminuait, il y aurait un léger regain de vitalité avec même une reprise des pontes chez certaines femelles de bruches après plusieurs jours de léthargie. Ces feuilles contiennent des substances actives et principalement le méthylisothiocyanate (MITC) et l'isopropylisothiocyanate (iPITC) qui agiraient soit par effet d'asphyxie, soit par une autre voie sur un ou des organes cibles. Elles auraient même des propriétés ovicides et seraient actives avant l'éclosion de la larve de premier stade et surtout avant sa pénétration à l'intérieur de la graine (Alzouma & Boubacar, 1987). Un tel effet ovicide avait été signalé après un traitement à l'aide d'huiles végétales (Sagappa, 1977 ; Singh *et al.*, 1978). Ces composés ont une rémanence d'environ huit jours (Auger *et al.*, 1994).

D'autres études ont montré que ces composés pouvaient agir sur tous les stades larvaires à l'intérieur des graines (Auger *et al.*, 1994). Ils peuvent également entraîner à de faibles doses, une mortalité assez importante chez d'autres espèces d'insectes ravageurs des cultures comme des Coléoptères (*Bruchus pisorum*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*) et des Lépidoptères (*Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella*) (Auger *et al.*, 1989 ; 1994 ; Seck *et al.*, 1993).

Les travaux de Seck *et al.* (1993) ont montré que d'autres parties de la plante comme les fruits réduisaient les dommages causés par *C. maculatus* aux graines en stockage.

Lorsque l'on combine à la fois l'action des feuilles vertes triturées de *B. senegalensis* et celle de 150 couples de *D. basalis*, introduits simultanément ou en différé, les effectifs de *C. maculatus* baissent de façon significative sans doute en relation avec la destruction des larves de la bruche pour les besoins du développement du parasitoïde. Le suivi de l'évolution des effectifs en fonction du temps montre qu'il existe toujours en début d'expérience une période de faible accroissement de ces effectifs en relation avec l'efficacité des substances contenues dans les feuilles de *B. senegalensis*.

Dans la situation où *D. basalis* agit seul, la réduction des effectifs de *C. maculatus* est importante (89,25 %). La perte de poids des graines reste faible (4,68 % en moyenne). Les effectifs du parasitoïde sont nettement plus élevés. Ce résultat est conforme à celui obtenu par d'autres auteurs (Ouédraogo *et al.*, 1996 a et b ; Sanon, 1997) et indique clairement que les feuilles vertes triturées de *B. senegalensis* non seulement affectent l'accroissement des populations du ravageur, mais également celui du parasitoïde.

L'introduction en l'état des feuilles de *B. senegalensis* a pour conséquence une diminution significative du contrôle des populations de bruches par *D. basalis*. Elle est finalement favorable au ravageur des graines de niébé. Cependant des expériences complémentaires sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

**CONCLUSION GENERALE ET
PERSPECTIVES DE RECHERCHES**

Les ravageurs des stocks de niébé que sont *C. maculatus* et *B. atrolineatus* constituent la principale contrainte à la production de cette légumineuse en zone sahélienne. Les attaques qui débutent dans les champs se poursuivent dans les structures de stockage des petits exploitants agricoles.

Les études que nous avons menées dans les cultures et dans les stocks permettent de tirer les conclusions suivantes :

1°) Les bruches colonisent les cultures de niébé assez précocement lorsque les plants de niébé sont à l'état végétatif. A leur arrivée dans les champs, ces bruches présentent un appareil reproducteur immature. Les adultes de *B. atrolineatus* comme ceux de *C. maculatus* sont en diapause reproductrice au moment de leur arrivée dans les cultures. Le séjour des insectes dans la nature pendant une longue période de la saison sèche peut affecter l'intensité de cette diapause. Dans les cultures, l'intensité de la diapause diminue progressivement avec l'apparition des fleurs et des gousses de niébé. A la période correspondant à l'apparition de 50 % de fleurs sur les plants de niébé, les bruches capturées et disséquées sont sexuellement actives.

Malgré le faible nombre d'effectifs d'adultes capturés, il semble exister une relation entre l'état de floraison et de fructification des plantes-hôtes et l'induction de la reproduction. Ces observations sur le terrain confirment les études réalisées au laboratoire par Germain *et al.* (1985 ; 1987), Monge et Germain (1988), Lenga (1991) et Lenga *et al.* (1993), qui montrent l'importance des stimuli issus des fleurs ou des gousses de niébé dans la levée de la diapause reproductrice chez *B. atrolineatus*. Ces travaux montrent que les adultes de *C. maculatus*, comme ceux de *B. atrolineatus* semblent être en diapause reproductrice lorsqu'ils commencent à coloniser les cultures de niébé, tout au moins si l'on en juge par l'état de leurs organes reproducteurs.

La nature des stimuli impliqués est encore mal connue, mais contrairement à ce qui est observé chez *Bruchus pisorum* (Pajni & Sood, 1975) et chez *Bruchus rufimanus* (Dupont & Huignard, 1990 ; Tran & Huignard, 1992 ; Tran *et al.*, 1993), le pollen des fleurs de niébé n'a aucune influence. Ce sont probablement des stimulations de contact ou d'origine nutritionnelle (peut être liées à la consommation de nectar très important chez ces insectes) qui sont responsables de cette induction de l'activité reproductrice. Cette levée de la diapause grâce à l'action directe de la plante-hôte, permet une synchronisation précise entre le cycle reproducteur de la bruche et celui du

niébé. La reproduction chez ces insectes spécialistes est contrôlée par leur plante-hôte. Les informations chimiques (olfactives, gustatives) semblent jouer un rôle important. Grâce à leur spécificité, elles permettent un ajustement précis et rapide de la reproduction de ces spécialistes en fonction du développement de la plante-hôte dans leur écosystème.

2°) Les méthodes de piégeage et de capture des Hyménoptères parasitoïdes larvaires ont permis de constater que ces insectes étaient également présents dans les cultures. Ils sont attirés par les odeurs des plantes vertes de niébé. Ils sont même présents avant que leurs hôtes (larves et nymphes de bruches en général) ne soient disponibles. Ils ne présentent pas de diapause reproductrice comme les bruches. Ces parasitoïdes sont en général polliniphages et nectariphages. Pendant la saison sèche, ils disposent de ressources trophiques limitées car cette saison est marquée par la régression de la végétation herbacée et arborée. Néanmoins en zone sahélienne et plus particulièrement au Burkina Faso, certaines espèces telles que *Acacia albida* et *Bauhinia rufescens* ont des feuilles persistantes et quelques fleurs. D'autres espèces ne perdent leurs feuilles que pendant une courte période de la saison sèche (*Butyrospermum parkii* ou karité, *Parkia biglobosa* ou néré, *Tamarindus indica* ou tamarinier). Toutes ces espèces peuvent assurer l'alimentation des Hyménoptères parasitoïdes dans la nature.

3°) Après la levée de la diapause reproductrice, les bruches pondent sur les gousses vertes et mûres dans les cultures. A la récolte, les taux d'infestation initiale des graines sont faibles et inférieurs à 6 %. L'Hyménoptère parasitoïde oophage, *U. lariophaga* parasite les oeufs de bruches dans des proportions relativement importantes. Il y a une mortalité larvaire importante chez ces bruches, sans doute liée aux facteurs abiotiques (fortes pluies, insolation) et biotiques (prédateurs des oeufs, parasitoïdes oophages et larvaires). Le pourcentage de survie est lié au type de culture. En effet, elle est plus importante en culture associée qu'en culture pure. Les céréales (le sorgho concernant notre étude) protègent les insectes des effets des facteurs abiotiques. De même, les ennemis naturels sont rencontrés dans les graines provenant des parcelles où le niébé est associé au sorgho.

4°) Les traitements insecticides pratiqués dans les cultures avec la Deltaméthrine (Décis), un pyréthrianoïde de synthèse, ont peu d'effets sur les populations de bruches. Cette absence d'effets peut être liée à la mobilité des insectes qui se déplacent d'une parcelle à l'autre et aussi à la faible rémanence du produit chimique utilisé. En outre, les insecticides détruisent une partie des adultes mais pas les larves qui sont à l'intérieur des graines. Ils ont également peu d'effets sur l'évolution des populations de ces bruches dans les stocks car les taux de réduction des effectifs de bruches sont inférieurs à 50 %. Il y a par contre une réduction des effectifs de parasitoïdes larvaires suite à l'application du Décis.

5°) Les essais de lutte biologique montrent que *D. basalis* peut être utilisé comme agent de lutte biologique contre les bruches destructrices des stocks de niébé en zone soudano-sahélienne et en particulier contre *C. maculatus*.

Des introductions successives de 100 couples de *D. basalis* dans un stock de 3 Kg de graines de niébé tous les mois pendant les deux premiers mois ou pendant toute la durée du stockage (cinq mois et demi) entraînent une réduction des effectifs de bruches de plus de 80 %. Les pertes en poids des graines à la fin de la période de stockage sont d'environ 15 %, alors qu'elles sont de 50 % si aucune introduction de parasitoïdes n'est effectuée.

L'introduction de densités croissantes d'adultes de *D. basalis* dans les stocks montre que 38, 75 et 150 couples introduits au début et durant les deux premiers mois de stockage entraînent des réductions similaires à celles observées pour les introductions de 100 couples (plus de 80 % de réduction après quatre mois de stockage de 3 Kg de graines). Les pertes en poids des graines dans ces conditions sont inférieures à 7 %. Ces résultats confirment les travaux qui ont déjà été effectués sur les capacités de contrôle des populations de bruches par *D. basalis* au Burkina Faso (Sou, 1994 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 b ; 1997 ; Sanon, 1997) et dans d'autres régions (Van Huis *et al.*, 1994 a ; 1994 b ; Monge *et al.*, 1995 ; Amevoin, 1998).

6°) L'intégration des méthodes traditionnelles de lutte à l'utilisation de parasitoïdes dans les stocks requière beaucoup d'attention. De nombreuses méthodes traditionnelles ont été décrites (utilisation de cendre, sable fin, argile, huiles végétales, plantes insecticides ou insectifuges...). Nos expérimentations ont montré l'action négative de l'usage des feuilles vertes de *B. senegalensis* sur

l'efficacité parasitaire de *D. basalis*. Le développement larvaire des bruches se déroulant à l'intérieur des graines, elles sont par conséquent protégées des substances toxiques libérées par cette plante. Les parasitoïdes sont plus exposés que leurs hôtes. Leur action ne commence à se faire ressentir sur la réduction des bruches que beaucoup plus tard quand l'effet des feuilles de *B. senegalensis* diminue dans les stocks.

En zone sahélienne, les variations des conditions climatiques sont importantes. Les ennemis naturels vivant dans les champs, sont capables de s'adapter à l'environnement et de rechercher les hôtes favorables au développement de leur descendance. Dans les stocks, des stratégies différentes peuvent être adoptées par les insectes pour leur maintien. Les greniers traditionnels en paille peuvent faciliter la sortie des bruches, constituant une source de contamination des cultures de la saison suivante. Cette structure peut également favoriser l'évasion des parasitoïdes (Idi, 1994), limitant ainsi l'efficacité de leur action. Il convient donc de choisir des modèles de greniers clos, à structure opaque pour éviter les flux migratoires des insectes.

Le choix de l'emplacement de ces greniers peut modifier l'issue de la lutte biologique. Les ennemis naturels sont sensibles aux conditions extrêmes (températures trop élevées ou trop basses, ensoleillement). Une stratégie de conservation viserait donc à éviter les températures extrêmes dans les greniers. Il est alors important de choisir les emplacements des greniers pour favoriser le développement des ennemis naturels.

L'approvisionnement des parasitoïdes en éléments nutritifs (miel, eau sucrée) accroît leur fécondité, leur capacité intrinsèque d'accroissement et leur pouvoir de parasitisme (Van Huis *et al.*, 1991 b ; Monge *et al.*, 1995). On peut donc envisager de tels apports dans les stocks.

Les introductions massives de parasitoïdes sont nécessaires au début du stockage afin de limiter l'accroissement des effectifs initiaux de bruches. Une bonne synchronisation entre la durée de vie des adultes de bruches doit être faite et le choix des périodes d'introduction de parasitoïdes est important pour limiter l'accroissement des ravageurs.

On peut également envisager la combinaison de *D. basalis* aux parasitoïdes oophages comme *U. lariophaga* car celui-ci présente également de bonnes capacités parasitaires (Van Alebeek, 1996).

L'aboutissement de la lutte biologique par l'utilisation de *D. basalis* peut être affecté dans les greniers traditionnels par la compétition existant entre cette espèce et *E. vuilleti*. En effet, des

travaux antérieurs ont montré le rôle négatif de cette compétition sur le résultat du contrôle (Levêque *et al.*, 1993 ; Monge *et al.*, 1995 ; Ouedraogo *et al.*, 1996 a ; Sanon, 1997 ; Amevoin, 1998). L'exclusion sélective de *E. vuilleti* doit être envisagée. On pourrait faire des introductions massives de *D. basalis* au début. Dans ce cas, l'agressivité des femelles de *E. vuilleti* ne sera plus suffisante pour éliminer le nombre croissant d'oeufs et de larves de *D. basalis*. *E. vuilleti* sera alors réprimé à cause de la faiblesse numérique initiale de sa population.

Les substances actives des feuilles vertes de *B. senegalensis* (et peut être d'autres plantes insecticides) étant néfastes pour les ennemis naturels, nous préconisons leur emploi plus tardivement. Par exemple, on peut faire une introduction de feuilles de *B. senegalensis* un ou deux mois après celle des parasitoïdes. Les bruches qui auront échappé au parasitisme des Hyménoptères, seront probablement détruites par les substances actives insecticides de cette plante. On pourra faire une dernière introduction de *D. basalis* selon le même intervalle de temps car l'action des composés volatiles des feuilles de *B. senegalensis* est limitée dans le temps.

En vue de la vulgarisation des méthodes de lutte biologique décrites, on peut travailler en collaboration avec les services de la vulgarisation agricole pour faire accepter le modèle aux paysans. A l'instar des champs écoles qui sont des cadres expérimentaux de vulgarisation des thèmes techniques, on peut également désigner des paysans dits modèles avec lesquels on fera des tests de démonstration de l'efficacité de la lutte biologique. Ces paysans serviront à leur tour de relais pour faire adopter la méthode de lutte dans leur zone. A cet effet, ils pourront apprendre et maîtriser les techniques d'élevage des insectes, et en particulier des Hyménoptères parasitoïdes.

Il faudrait aussi rechercher d'autres sites de ponte et de reproduction des insectes comme les graines de légumineuses sauvages, car il n'est pas évident que les paysans acceptent d'utiliser le niébé destiné à la consommation comme support d'élevage des insectes. L'aptitude des Hyménoptères parasitoïdes à changer d'hôtes est à analyser. En effet, les conditions de développement entraînent une mémorisation. Les insectes sont plus attirés par les substrats où ils se sont développés (Cortesero *et al.*, 1995 ; Monge & Cortesero, 1996). Il faudrait donc voir si la rencontre avec de nombreux hôtes entraîne ou non une perte de la sensibilité vis-à-vis des informations apprises.

D'autre part il nous paraît important d'analyser les modalités physiologiques de développement de *D. basalis* sur un nouvel hôte. Par exemple on peut étudier les possibilités de développement de ce parasitoïde sur les larves de *Bruchidius uberatus* ou de *Caryedon serratus* se développant respectivement dans les graines de *Acacia albida* et de *Bauhinia rufescens*. Les graines de ces légumineuses contiennent de nombreux composés secondaires tels que des saponines, des composés phénoliques, des glucosides et des alcaloïdes (Bell & Charlwood, 1979). Un certain nombre d'entre eux (glucosides, composés phénoliques et alcaloïdes) peuvent être séquestrés dans l'hémolymphe ou dans d'autres organes par les larves de bruches comme cela a été démontré par Desroches *et al.* (1997) dans le cas des glucosides. On peut donc rechercher comment se développe une larve de *D. basalis* se trouvant sur un hôte où sont séquestrés ces composés allélochimiques.

Il serait également intéressant de déterminer les sites à partir desquels a lieu l'infestation des cultures par les bruches et leurs parasitoïdes. Une bonne connaissance de l'écologie de *D. basalis* et de *E. vuilleti* de même que leurs hôtes potentiels dans la nature est également indispensable. Cela permettra une meilleure compréhension des conditions de colonisation et la mise en place de méthodes efficaces de prévention et de lutte contre les invasions des bruches.

Nous pensons que de telles recherches tant fondamentales qu'appliquées sont nécessaires dans le cadre de programme de lutte intégrée contre les Bruchidae ravageurs des stocks de niébé et les résultats que nous avons obtenus dans cette étude n'en représentent qu'un des éléments.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AAMIR, M. M. I. ; EL-FISHAWY, A. A. & MOSTAFA, A. M. A. 1987 - The effect of selection with deltamethrin on the biology of *Callosobruchus maculatus* F. *Bulletin of the Entomological Society of Egypt*, Economic Series. N° 16, 11 - 19 ; 19 ref.
- ALTIERI, M. A. ; FRANCIS, C. A. & SCHOONHOVEN, A. V. 1978 - A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. *Field Crop Research*. 1, 33-49.
- ALZOUMA, I. 1981 - Observations on the ecology of *Bruchidius atrolineatus* Pic and *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Bruchidae) in Niger. *The ecology of Bruchids attacking legumes (pulses)*. In Labeyrie V. (ed.). Junk The Hague : 205-213.
- ALZOUMA, I., 1987- Reproduction et développement de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera : Bruchidae) aux dépens des cultures de *Vigna unguiculata* L. Walp dans un agrosystème sahélicien au Niger. *Thèse de Doctorat d'Etat*. Tours. 162 p.
- ALZOUMA, I. & HUIGNARD, J., 1981- Données préliminaires sur la biologie et le comportement de ponte dans la nature de *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) (Coléoptère : Bruchidae) dans une zone Sud sahélicienne au Niger. *Acta Oecologica, Oecologia Applicata*, Vol. 2, n° 4, pp. 391-400.
- ALZOUMA, I., HUIGNARD, J. & LEROI, B., 1985 - Etude du comportement de ponte de *Bruchidius atrolineatus* au cours de la maturation des gousses de sa plante hôte (*Vigna unguiculata*) et de ses conséquences sur le développement des oeufs. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 21 : 207-217.
- ALZOUMA, I. & BOUBACAR, A., 1987 - Effet des feuilles vertes de *B. senegalensis* (Capparidacée) sur la biologie de *B. atrolineatus* et de *C. maculatus* (Col. : Bruchidae) ravageurs des graines du niébé. In : col. Int. sur *Les légumineuses Alimentaires en Afrique*. 19-22 Nov. 1985, Niamey. pp 288-295.
- AMEVOIN, K., 1998 - Activités reproductrices et reponses comportementales de *Dinarmus basalis* Rond. et de *Eupelmus vuilleti* Craw. en présence de leur hôte *Callosobruchus maculatus* F. en zone guinéenne au Togo. *Thèse de Doctorat*. Univ. du Bénin, Lomé-Togo ; 152 p.
- ANANI-KOTOKLO, E., 1997 - Suivi de l'activité parasitaire des parasitoides oophages et nympho-larvophages liés aux bruches en zone guinéenne. *Mémoire de DEA*, Univ. du Bénin, Lomé, 50 p.
- ATACHI, P. & SOUROKOU, B. 1989 - Use of Decis and Systoate for the control of *Maruca testulalis* (Geyer) in cowpea. *Insect Sci. and its Appl.* 10 : 3, 373 - 381 ; 14 ref.
- ATACHI, P. & SOUROKOU, B. 1992 - Effects of Decis and Systoate on *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) in cowpea. *Insect Sci. and its Appl.* 13 : 2, 279 - 286 ; 9 ref.
- ARBOGAST, R. T., 1984 - Biological control of stored-product insects : status and prospectus. In Baur, F. J. (ed.), *Insect Management for Food Storage and Processing*. Minnesota, The American Association of Cereal chemists, Inc. pp 226-238.
- AUGER, J. ; LECOMTE, C. & THIBOUT, E., 1989 - Leek odour analysis by gas chromatography and identification of the most active substance for leek moth, *Acrolepiopsis assectella*. *J. Chem. Ecol.*, 15 : 1847-1854.
- AUGER, J. ; LECOMTE, C. & THIBOUT, E., 1993 - Les composés soufrés des *Allium* : leurs activités biologiques chez les insectes et leur production. *Acta Bot. Gallica*, 140 (2) : 157-168.
- AUGER, J. ; FERARY, S. & HUIGNARD, J., 1994 - A possible new class of natural sulfur pesticides for fumigation. *Ecologie*, t. 25 (2) : 93-101.

- BAR, D. ; GERLING, D. & ROSSLER, Y., 1979- Bionomics of the principal natural enemies attacking *Heliothis armigera* in cotton fields in Israel. *Environmental Entomology*, 8, 468-474.
- BATHNAGAR, V. S. & DAVIES, J. C., 1981 - Entomological studies in intercropped pigeon pea systems at CRISAT Center. Future developments and collaborative research needs. *International Workshop on pigeon peas*, 2 : 341-347.
- BECKER, B., 1983 - The contribution of wild plants to human nutrition in the ferlo (northern Senegal). *Agrofor. Syst.* 1 : 257-267.
- BECKER, B., 1986 - Wild plants for human nutrition in the Sahelian zone. *J. Arid Environ.*, 11 : 61-64.
- BELL, E. A. & CHARLWOOD, W. J., 1979 - Secondary plant products. Springer-Verlag. pp 82-87.
- BELLOWS, T. S., 1982- Analytical models for laboratory populations of *Callosobruchus chinensis* and *C. maculatus* (Coleoptera, Bruchidae). *J. Anim. Ecol.* 51 : 236-287.
- BERHAUT, J., 1976- Flore illustrée du Sénégal. Tome V. Légumineuses Papilionacées. Ed. Clairafrique. Dakar. Livre Africain. 658 p.
- BIEMONT, J. C. ; CHAUVIN, G. & GERMAIN, J. F., 1982 - L'oeuf de *Bruchidius atrolineatus* Pic. et son système de fixation. *Canadian Journal of Zoology*. Vol. 60, N° 11, pp. 2610-2615.
- BILAL, H., 1987 - Biologie de la reproduction chez *Callosobruchus maculatus*, formes voilière et non voilière. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Tours. 179 p.
- BOOKER, R. H., 1967- Observations on three Bruchids associated with cowpea in northern Nigeria. *J. Stored Prod. Res.*, 3, 1-15.
- BOOTH, F. E. M. & WICKENS, G. E., 1988 - Non-timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa. *F. A. O. - conservation-guide*. N° 19, 176 p.
- BORGET, M., 1989- Les légumineuses vivrières tropicales. G. P. Maisonneuve et Larose- ACCT. pp 40-42.
- BRESSANI, R., 1985- Nutritive value of Cowpea. In *Cowpea Research. Production and Utilization*. SINGH, S. R. & RACHIE, K. O. (eds) pp. 353-359.
- BUNASOLS (Bureau National des Sols), 1988 - Etude pédologique de la station expérimentale de Gampéla. Echelle 1/500. *Rapport technique n° 52*. 14 p.
- BURKILL, H. M., 1985 - The useful plants of west tropical Africa. Vol. 1, *Families A-D*. Kew, Royal Botanic Gardens, London, 76 p.
- CASWELL, G. H., 1960 - Observations on an abnormal form of *C. maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). *Bull. Ent. Res.* 50 : 671-680.
- CASWELL, G. H. 1961 - The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria. *Tropical Science* 3 : 154-158.
- CASWELL, G. H. 1974 - The development and extension of nonchemical control techniques for stored cowpeas in Nigeria. *Proc. 1st Int. Work. Conf. Stored Prod. Ent.*, Savannah, Georgia, pp. 63-67.
- CAUBET, Y., 1993 - Ethogénèse chez *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera : Pteromalidae) ectoparasitoïde de Bruchidae (Coleoptera). Déterminismes et influences de l'expérience précoce. *Thèse de Doctorat*, Paris XIII, 249 p.

- CORTESERO, A. M., 1994 - La recherche de l'hôte chez *Eupelmus vuilleti* Crw. Analyse des régulations tritrophiques entre la plante, *Vigna unguiculata* Walp, l'hôte, *Bruchidius atrolineatus* Pic, et le parasitoïde. Thèse de Doctorat. Université F. Rabelais, Tours. 128 p.
- CORTESERO, A. M. ; MONGE, J. P. & HUIGNARD, J., 1995 - Influence of two successive learning processes on the response of *Eupelmus vuilleti* Crw. (Hymenoptera : Eupelmidae) to volatile stimuli from hosts and host plants. *Journal of Insect Behavior*. Vol. 8, N° 6, pp. 751-762.
- DABIRE, L. C., 1992 - Les méthodes traditionnelles de protection des stocks de niébé au Burkina Faso. *Sahel PV-Info*. N° 42 ; pp 7-13.
- DABIRE, L. C. & SUH, J. B., 1988- Insectes nuisibles du niébé et lutte contre leurs dégâts au Burkina Faso. *In Etat de la recherche sur la culture du niébé en Afrique Centrale et en Afrique Occidentale semi-aride* ; Compte rendu 1^{er} séminaire des scientifiques des centres avancés. 14-25 Nov. 1988. pp 29-31.
- DANKS, H. V., 1987 - Insect dormancy : An Ecological Perspective. *Biol. Survey of Canada Monograph*, Series 1. Ottawa, 439 p.
- DEBACH, P., 1974 - Biological control by natural enemies. University Printing House, Cambridge, 323 p.
- DECELLE, J. E., 1987 - Les coléoptères Bruchidae nuisibles aux légumineuses alimentaires cultivées dans la région Afrotropicale. *In* : Col. Int. sur *Les légumineuses Alimentaires en Afrique*. pp 188-200.
- DE LUCA, Y., 1968 - A propos de *Bruchidius atrolineatus* PIC. (Coléoptère, Bruchidae). Nouvelles descriptions et remarques. *Bull. IFAN XXX*, Série A, n° 1, 187-199.
- DE LUCA, Y., 1980 - Produits d'origine végétale opposables aux Bruchidae (Col.) *Estrattoda, Frustula Entomologica. Nuova*, II (XV) : 1-11.
- DENLINGER, D. L., 1986 - Dormancy in tropical insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 31, 239-264.
- DESROCHES, P., 1980 - Influence du surpeuplement larvaire sur le développement post-embryonnaire et sur les capacités reproductrices des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Tours, 45 p.
- DESROCHES, P. ; MANDON, N. ; BAEHR, J. C. & HUIGNARD, J., 1997 - Mediation of host-plant use by a glucoside in *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). *Journal of Insect Physiology*, 43 : 439-446.
- DOURY, G. ; ROJAS-ROUSSE, D. & PERIQUET, G., 1995 - Ability of *Eupelmus orientalis* ectoparasitoid larvae to develop on an unparalysed host in the absence of female stinging behaviour. *J. Insect Physiol.* Vol 41, N° 4, pp. 287-296.
- DREYER, M., 1987 - L'utilisation de l'huile de neem (*Azadirachta indica*) dans la protection du niébé (*Vigna unguiculata*) contre *Callosobruchus maculatus*. *In* : Colloque International sur *Les Légumineuses Alimentaires en Afrique*. 19-22 Novembre 1985, Niamey (Niger). pp 284-287.
- DUPONT, P. & HUIGNARD, J., 1990 - Relationships between *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae) and the phenology of its host plant *Vicia Faba* (L.). Their importance in the spatial distribution of the insects. *Symp. Biol. Hung.* 39 : 255-263.
- ENSA, 1996 - Enquête Nationale de Statistiques Agricoles. Rapport général. 87 p.
- EZUEH, M. I., 1991 - Prospects for cultural and biological control of cowpea pests. *Insect Sci. Applic.* 12 (5/6) : 585-592.

- FARIS, D. G., 1965 - The origin and evolution of the cultivated forms of *Vigna sinensis*. *Canadian journal of Genetic and cytology*, 7 : 433-452.
- FINLAYSON, L. H., 1950 - The biology of *Cephalonomia waterstoni* Gahan (Hym. : Bethyridae), a parasite of *Laemophloeus* (Coleoptera : Cucujidae). *Bull. of Entom. Res.*, 41 (1) : 79-97.
- GAUTHIER, N., 1993 - L'activité reproductrice et le comportement de ponte de *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : Pteromalidae) : analyse du superparasitisme. *Mémoire de DEA*, Tours, 36 p.
- GAUTHIER, N., 1996 - Etude d'un ectoparasitoïde solitaire *Dinarmus basalis* Rond (Hym. ; Pteromalidae) en situation de compétition intra et interspécifique : activité reproductrice et réponses comportementales. *Thèse de Doctorat*. Univ. F. RABELAIS, Tours ; 183 p.
- GAUTHIER, N., MONGE ; J. P. & HUIGNARD, J., 1996 - Superparasitism and host discrimination in the solitary ectoparasitoid *Dinarmus basalis*. *Entom. Exp. Appl.*, 79 : 91-99.
- GAUTHIER, N. ; MONGE, J. P. & HUIGNARD, J., 1997 - Sex-allocation behaviour of a solitary ectoparasitoid : effects of host-patch characteristics and female density. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82 : 167-174.
- GERMAIN, J. F., 1988 - La diapause imaginale chez *Bruchidius atrolineatus* Pic. en zone soudano-sahélienne. *Thèse* ; Université François Rabelais, Tours, 186 p.
- GERMAIN, J. F. ; HUIGNARD, J. & MONGE, J. P., 1985 - Influence des inflorescences de la plante-hôte (*Vigna unguiculata*) sur la levée de la diapause reproductrice de *Bruchidius atrolineatus*. *Entomol. Exp. Appl.*, 39, 35-42.
- GERMAIN, J. F. ; MONGE, J. P. & HUIGNARD, J., 1987 - Development of two bruchid populations (*Bruchidius atrolineatus* Pic. and *Callosobruchus maculatus* Fab.) infesting stored cowpea (*Vigna unguiculata* Walp.) pods in Niger. *J. Stored Prod. Res.* 23 (3) : 157-162.
- GIGA, D. P. & SMITH, R. H., 1987 - Egg production and development of *C. maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) on several commodities at two different temperatures. *J. Stored Prod. Res.*, 23 (1) : 9-15.
- GLITHO, I. A., 1990 - Les Bruchidae ravageurs de *Vigna unguiculata* (Walp) en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de *B. atrolineatus* Pic. *Thèse de Doctorat*, Tours. 100 p.
- GLITHO, I. A. & NUTO, Y. 1987 - Etudes des fluctuations des populations de bruchidae (*B. atrolineatus* Pic. et *C. maculatus* F.) dans les stocks de *V. unguiculata* (Walp) au Togo. In : Col. Int. sur Les Légumineuses Alimentaires en Afrique. 19-22 Nov. 1985, Niamey (Niger). pp 224-229.
- GLITHO, I. A., LENGA, A. & HUIGNARD, J., 1991 - Intensity of male reproductive diapause in *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera, Bruchidae) is affected by induction conditions. *Inv. Reprod. and Dev.*, 19, 233-239.
- GLITHO, I. A., LENGA, A., PIERRE, D. & HUIGNARD, J., 1996 - Changes in the responsiveness during two phases of diapause termination in *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera : Bruchidae). *J. Insect Physiol.*, 42 : 953-960.
- GOLOB, P. & WEBLEY, D., 1980 - The use of plants and minerals as traditional protectants of stored products. *Rep. Trop. Prod. Inst.* G 138, Vi + 32 p.
- GOMEZ-ALVAREZ, L. E., 1980 - Etudes de quelques aspects de la biologie d'un chalcidien *Dinarmus basalis* nécessaires à l'étude du taux sexuel. *Thèse*, Université F. Rabelais, Tours. 96 p.

- HOLLING, C. S., 1959 b - The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European sawfly. *Can. Entom.*, **91** : 293-320.
- HOWE, R. N. & CURRIE, J. E. 1964 - Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. *Bull. Entomol. Res.* **55** (3) : 437-477.
- HUIGNARD, J., 1985 - Importance des pertes dûes aux insectes ravageurs des graines : problèmes posés par la conservation des légumineuses alimentaires, source de protéines végétales. *Cah. Nutr. Diét.* **xx**, **3**, 193-199.
- HUIGNARD, J., 1996 - Biological control of bruchid insect pests of cowpea in West Africa. Final report (1993-1996) ; 142 p.
- HUIGNARD, J. ; ROJAS-ROUSSE, D. & ALZOUMA, I. 1984 - L'activité reproductrice et le développement de *Bruchidius atrolineatus* sur les gousses sèches de *Vigna unguiculata* en zone sahélienne ; mise en évidence d'une diapause imaginale. *Insect Sci. Appl.*, **5**, 41-49.
- HUIGNARD, J. ; LEROI, B. ; ALZOUMA, I. & GERMAIN, J. F., 1985 - Oviposition and development of *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) and *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidae) in Sahelian zone. *Insect Science and its Application*, **6** (6) : 691-699.
- HUIGNARD, J. ; ALZOUMA, I. & LEROI, B. 1987 a - Activité reproductrice et développement d'une espèce de Bruchidae (*Bruchidius atrolineatus* Pic.) dans les cultures de *Vigna unguiculata* (Walp) associées ou non au mil (*Pennisetum thyphoides* Burn). In : Col. Int. sur *Les Légumineuses Alimentaires en Afrique*. 19-22 Nov. 1985, Niamey (Niger). pp. 205-216.
- HUIGNARD, J. ; GERMAIN, J. F. & MONGE, J. P., 1987 b - Influence of the inflorescences and pods of *Vigna unguiculata* on the termination of the reproductive diapause of *Bruchidius atrolineatus* Pic. *Insectis Plants*, V. Labeyrie, G. Fabres and D. Lachaise, eds., Junk, Dordrecht, pp. 183-188.
- HUIGNARD, J. ; MONGE, J. P. & GERMAIN, J. F., 1989 - Influence of thermoperiodic variations on the induction of the reproductive diapause of *Bruchidius atrolineatus*. *Regulation of Insect Reproduction IV* (ed. by M. Tonner), Academia Praha, Praha. pp. 197-207.
- HUIGNARD, J. & MONGE, J. P., 1993 - Lutte biologique contre les Coléoptères ravageurs de niébé (*Vigna unguiculata*) dans les systèmes de stockage en Afrique de l'Ouest. In : Troisième Conf. Int. sur *Les ravageurs en agriculture*. pp. 331-339.
- IDI, A., 1994 - Suivi de l'évolution des populations de bruches et de leurs parasitoïdes dans les systèmes de stockage traditionnel de niébéau Niger. *Thèse de spécialité*, Niamey, 110 p.
- IITA, 1992 - Crop improvement. Cowpea. In : *Sustainable Food Production in Sub-Saharan Africa : IITA's contributions*, International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Ibadan, Nigeria, pp. 112-137.
- JACKAI, L. E. N. & DAOUST, R. A., 1986 - Insects pests of Cowpeas. *An. rev. of Entomol.*, **31**, 95-119.
- JACKAI, L. E. N. & OYEDIRAN, I. O., 1991 - The potential of neem *Azadirachta indica* A. Juss. for controlling post-flowering pests of cowpea, *Vigna unguiculata* Walp-L. : the pod borer, *Maruca testulalis*. *Insect Sci. Applic.*, Vol. **12** ; N° 1-2-3 : pp. 103-109.
- JACOBSON, M., 1972 - Insect sex pheromones. Academic Press, N. Y. and London, 381 p.
- JANZEN, D. H., 1969 - Seed-eaters versus seed size, number toxicity and dispersal. *Evolution*, **23** (1) ; 1-27.

- JOTWANI, M. G. & SIRCAR, P., 1967 - Neem seed as protectant against bruchid *Callosobruchus maculatus* infesting some leguminous seed. *Indian J. Ent.* 29 (1) ; 21-24.
- KASSAM, A. H., 1976 - Crops of the West African semi-arids tropics. ICRISAT, Hyderabad, India. p. 948.
- KAYUMBO, H. Y. ; FINLAY, R. C. & DOTO, S. A., 1976 - Effect of spaying of cowpea grown in monoculture and under maize, sorghum or millet. Intercropping in semi arid areas ; J. Monyo ADR Ker M. Campell Ed. CRDI publications. p. 44.
- KENNETH HASSALL, A., 1990 - The biochemistry and uses of pesticides. Structure, Metabolism, Mode of action and Uses in crop protection. 2nd Ed. MACMILLAN PRESS LTD. London. 536 p.
- KETKAR, A. Y. & KETKAR, C. M., 1995 - Various uses of neem products. *The neem tree Azadirachta indica A. Juss. and other Meliaceae plants* (Schmutterer, H.), chap. 6- VCH, Weinheim, 518-558.
- KIDD, N. & JERVIS, M., 1996 - Population dynamics. *In* : *Insect Natural Enemies : Practical approaches to their study and evaluation*, Jervis, M. & Kidd, N. (Eds). Chapman & Hall, London, 361-374.
- KISS, A. & MEERMAN, F., 1991 - Integrated Pest Management and African agriculture. World Bank Technical Paper N° 142, *African Technical Department Series*, Washington, D. C., 122 p.
- LABEYRIE, C., 1978 - Etudes des relations entre les caractéristiques morphologiques et la phénologie des gousses de légumineuses d'une part et la contamination par les Coléoptères Bruchidae en zone semi-aride. *Mémoire de DEA*, Université de Tours. 73 p.
- LABEYRIE, V. & MAISON, P. 1957 - Techniques culturales concernant la préservation du haricot contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* Say. *Rev. Zool. Agric.* 10, 1-18.
- LAMMERS, P. M. & VAN HUIS, A., 1989 - *Uscana lariophaga* Steffan (Hym. Trichogrammatidae), egg parasitoid of the stored insect pests *C. maculatus* (F.) and *B. atrolineatus* Pic. (Col. Bruchidae) population studies in the field and in storage in Niger. *Proc. Intern. Conf. on Integrated pest management in tropical and subtropical ecosystems*. Febr. 8-15 1989 Bad Dürkheim 3 : 1013-1022.
- LENGA, A., 1991 - La diapause reproductrice chez *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) : Conséquences physiologiques et évolutives. Analyse de la variabilité des réponses aux facteurs inducteurs de la diapause. *Thèse de Doctorat*. Université François Rabelais, Tours. 110 p.
- LENGA, A. ; MONGE, J. P. & HUIGNARD, J., 1990 - Rôle des facteurs thermiques dans l'induction de la diapause reproductrice chez *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptère : Bruchidae). "Régulation des cycles saisonniers chez les Invertébrés". *Les colloques de l'INRA*, 52 : 70-83.
- LENGA, A. ; THIBEAUDEAU, C. & HUIGNARD, J., 1991 - Influence of thermoperiod and photoperiod on reproductive diapause in *B. atrolineatus* (Col. : Bruchidae). *Phycol. Entomol.*, 16 : 295-303.
- LENGA, A. & HUIGNARD, J., 1992 - Effect of changes in the thermoperiod on reproductive diapause in *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera : Bruchidae). *Physiol. Entomol.*, 17, 247-254.
- LENGA, A. ; GLITHO, I. & HUIGNARD, J., 1993 - Interactions between photoperiod, relative humidity and host-plant cues on the reproductive diapause termination in *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera, Bruchidae). *Invertebrate reproduction and development*, 24 :2, 87-96.
- LEROI, B. ; ALZOUMA, I. & HUIGNARD, J., 1990 - The influence of intercropping Millet (*Pennisetum typhoides* Burm) with cowpea (*V. unguiculata* Walp) on the egg-laying and development of *B. atrolineatus* (Pic.) (Coleoptera : Bruchidae). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 31 : 39-48.

- LEVEQUE, L. ; MONGE, J. P. ; ROJAS-ROUSSE, D. ; VAN ALEBEEK, F. & HUIGNARD, J., 1993 - Analysis of multipartism by *Eupelmus vuilleti* (Craw) (Eupelmidae) and *Dinarmus basalis* (Rond.) (Pteromalidae) in the presence of one of their common hosts, *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) (Coleoptera : Bruchidae). *Oecologia*, **94**, 272-277.
- LEWIS, W. J. ; NORDLUND, D. A. ; GUELDNER, R. C. ; TEAL, P. E. A. & TUMLINSON, J. H., 1982- Kairomones and their use for management of entomophagous insects. XIII. kairomonal activity for *Trichogramma* spp. of abdominal tips, excretion and a synthetic sex pheromone blend of *Heliothis zea* (Boddie) moths. *Journal of Chemical Ecology*, **8** : 1323-1331.
- LXTRAIT, P., 1990 - Aspects de l'activité reproductrice chez *C. maculatus* Fab. (Coléoptère Bruchidae) : Comportement locomoteur des mâles soumis à la phéromone sexuelle et production / libération de celle-ci par les femelles. *Rapport de stage*. IBEAS. Tours. 36 p.
- MAIGA, S. D., 1987 - Inventaire des méthodes traditionnelles de conservation du niébé (*Vigna unguiculata*) au Niger. In : Colloque International sur *Les Légumineuses Alimentaires en Afrique*. 19-22 Novembre 1985, Niamey (Niger). pp 274-280.
- MARECHAL, R. ; MASCHERPA, J. M. & STAINER, F., 1978 a - Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera* **28** : 1-273.
- MARECHAL, R. & BAUDOIN, J. P., 1985 - Genetic diversity in *Vigna*. In : *Cowpea Research, Production and Utilization*. Singh, S. R. & K. O. Rachie (eds). pp. 3-9.
- MEMENTO DE L'AGRONOME, 1991 - Le niébé. Quatrième édition. Collection *Techniques rurales en Afrique*. pp 851-853.
- MEMMOTT, J. ; GODFRAY, H. C. J. & GAULD, I. D., 1994 - The structure of a tropical host-parasitoid community. *J. Anim. Ecol.*, **63** : 521-540.
- MESSINA, F. J. & RENWICK, J. A. A., 1985 - Dispersal polymorphism of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) : Variation among population in response to crowding. *Ann. of Entom. Soc. of Am.* **78**(2) : 201-206.
- MITCHELL, R., 1975 - The evolution of oviposition tactics in the bean weevil *Callosobruchus maculatus* (F.). *Ecology*, **56** : 696-702.
- MONGE, J. P. & GERMAIN, J. F., 1988 - Analyse des stimulations issues de la plante hôte influençant la recherche d'un substrat de ponte et induisant la ponte de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coléoptère, Bruchidae) : Importance des conditions expérimentales. *Insect Sci. Applic.*, **9** (1) : 89-94.
- MONGE, J. P., GERMAIN, J. F. & HUIGNARD, J., 1988 - Importance des variations climatiques sur l'induction de la diapause reproductrice chez *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coléoptère, Bruchidae). *Acta Oecol., Oecol. Appl.*, vol. **9**, No 3 : 297-307.
- MONGE, J. P., LENGA, A. & HUIGNARD, J., 1989 - Induction of reproductive diapause in *Bruchidius atrolineatus* Pic during the dry season in a sahelian zone. *Entomol. Exp. Appl.*, **53** : 95-104.
- MONGE, J. P. & HUIGNARD, J. 1991 - Population fluctuations of two Bruchid species *Callosobruchus maculatus* Fab. and *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera, bruchidae) and their parasitoids *Dinarmus basalis* (Rond) and *Eupelmus vuilleti* (Cwf) (Hymenoptera, Pteromalidae, Eupelmidae) in a storage situation in Niger. *J. of African Zool.*, **105**, 187-196.

- MONGE, J. P., OUEDRAOGO, A. P., PIQUET, S. & HUIGNARD, J., 1991 - Development of two bruchid species *C. maculatus* and *B. atrolineatus* and their larval parasitoids during storage of cowpea seeds, *V. unguiculata* Walp, in West Africa. In : F. Fleurat-Lessard & P. Ducom (eds), *Proc. 5th Int. Working Conf. on Stored-Product Protection*, France, 9-14 Sept. 1990. Vol. 1 : 151-160.
- MONGE, J. P., DUPONT, P., IDI, A. & HUIGNARD, J., 1995 - The consequences of interspecific competition between *Dinarmus basalis* (Rond) (Hym. : Pteromalidae) and *Eupelmus vuilleti* (Craw) (Hym. : Eupelmidae) on the development of their host populations. *Acta Oecologica* 16 (1) : 19-30.
- MONGE, J. P. & CORTESERO, A. M., 1996 - Tritrophic interactions among larval parasitoids, bruchids and Leguminosae seeds ; influence of pre- and post-emergence learning on parasitoids' response to host and host-plant cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 80 : 293-296.
- NAMMOUR, D., AUGER, J. & HUIGNARD, J., 1989 - Mise en évidence de l'effet insecticide de composés soufrés (disulfures et trisulfures) sur *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera : Bruchidae). *Insect Sci. Applic.* Vol. 10, N° 1, pp. 49-54.
- NDOUTOUME-NDONG, A., 1996 - Capacités parasitaires et plasticité comportementale de deux Hyménoptères Eupelmidae (*Eupelmus orientalis* et *Eupelmus vuilleti*) partenaires de la communauté parasitaire des stades larvaires et nymphaux de *Callosobruchus maculatus* (Coléoptère, Bruchidae). *Thèse de Doctorat*, Univ. F. RABELAIS, Tours. 154 p.
- NG, N. Q. & MARECHAL, R., 1985 - Cowpea taxonomy, origin and germplasm. In : *Cowpea research, Production and utilization*. Singh, S. R. & Rachie, K. O. (Eds). pp. 11-21.
- NOLDUS, L. P. J. J., 1989 - Semiochemicals, foraging behaviour and quality of entomophagous insects for biological control. *Journal of Applied Entomology*, 108, 425-451.
- NORDLUND, D. A. ; CHALFANT, R. B. & LEWIS, W. J., 1984 - Arthropod populations, yield and damage in monocultures and polycultures of corn, beans and tomatoes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 11, 353-367.
- NORDLUND, D. A. ; CHALFANT, R. B. & LEWIS, W. J., 1985 - Response of *Trichogramma pretiosum* females to extracts of two plants attacked by *Heliothis zea*. *Agric., Ecosys. and Env.*, 12, 127-133.
- NUTO, Y., 1995 - Synergistic action of co-occurring toxins in the root bark of *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Rutaceae) against the cowpea beetle *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). *PhD Thesis*, Syracuse, N. Y. ; 107 p.
- NUTO, Y. & GLITHO, I. A. 1990 - Des rapports entre les Bruchidae déprédateurs de légumineuses alimentaires cultivées au Togo et leurs plantes-hôtes. *Actes des journées scientifiques de l'U. B.* 6-13 Avril 1990. Vol. 2 ; 312-325.
- NWOKOLO, E. & ILECHUKWU, S. N., 1996 - Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In : E. Nwokolo & J. Smart (eds.). *Food and feed from legumes and oilseeds*. Chapman & Hall, London, pp. 229-242.
- OFUYA, T. I., 1986 - Use of wood ash, dry chili pepper fruits and onion scale leaves for reducing *C. maculatus* damage in cowpea seeds during storage. *J. Agric. Sci. Camb.*, 107 : 467-468.
- OUEDRAOGO, A. P., 1978 - Introduction à l'étude de quelques aspects de la biologie de *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptère, Bruchidae) et de l'influence de facteurs externes stimulants, plante hôte et copulation sur l'activité reproductrice de la femelle. *Thèse de 3^{ème} cycle*, Toulouse, 101p.

- OUEDRAOGO, A. P. 1985** - Etude de la densité et de la dynamique des populations d'insectes rencontrés sur sept variétés de niébé (*Vigna unguiculata* Walp) au Burkina Faso. *In* : Col. Int. sur *Les Légumineuses Alimentaires en Afrique*. 19-22 Nov. 1985, Niamey (Niger). pp. 179-187.
- OUEDRAOGO, A. P., 1991**- Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* (Fab.), (Coleoptera : Bruchidae). Importance des facteurs climatiques sur l'évolution des populations de ce Bruchidae dans un système expérimental de stockage des graines de *Vigna unguiculata* Walp. *Thèse de Doctorat d'Etat*. 117 p.
- OUEDRAOGO, A. P., 1995** - La bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptère, Bruchidae). *Guide Phytosanitaire des cultures du Burkina Faso*. pp. 100-101.
- OUEDRAOGO, A. P. & HUIGNARD, J., 1981** - Polymorphism and ecological reactions in *Callosobruchus maculatus* in Upper Volta. *Series Entomologica*, Vol. 19, pp. 175-184.
- OUEDRAOGO, A. P. ; MONGE, J. P. & HUIGNARD, J., 1991** - Importance of temperature and seed water content on the induction of polymorphism in *C. maculatus* FAB. (Coleoptera : Bruchidae). *Entomol. Exp. Appl.* 00 : 1-8.
- OUEDRAOGO, A. P. ; SANON, A. ; SOU, S & HUIGNARD, J., 1996 a** - The importance of the interspecific competition between two parasitoids on the control of bruchid populations during storage of cowpea in Burkina Faso. *In* : *XX International Congress of Entomology* ; Firenze, Italie. August 25-31, 1996. *Proceedings*. p 535.
- OUEDRAOGO, A. P. ; SOU, S ; SANON, A. ; MONGE, J. P. ; HUIGNARD, J. ; TRAN, B. & CREDLAND, P. F., 1996 b** - Influence of temperature and humidity on populations of *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera : Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* Rond. (Pteromalidae) in two climatic zones of Burkina Faso. *Bul. of Entomol. Res.* 86, 695-702.
- OUEDRAOGO, A. P. ; SANON, A. ; SOU, S ; TRICAULT, Y. & HUIGNARD, J., 1997** - La lutte biologique contre les Coléoptères Bruchidae est-elle possible dans les systèmes de stockage? Colloque International sur *La lutte contre les déprédateurs des denrées stockées par les agriculteurs en Afrique*. Lomé, 10-14 Février 1997 ; pp 16-34.
- PAJANI, H. R. & SOOD, S., 1975** - Effects of pea pollen feeding on maturation and copulation in the beetle *Bruchus pisorum* L. *Ind. J. Expl. Biol.* 13 : 202-203.
- PANDEY, R. K. & WESTPHAL, E., 1989** - *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *In* : L. J. G. v.d. Maesen & Sadikin Someatmadja (eds.), *PROSEA N° 1, Pulses*. Pudoc, Wageningen, pp. 77-81.
- PARTH, I. A. 1991** - Comparison of seed yielding performance of Deltamethrin unprotected and protected plants of five cowpea cultivars at Foubot, Cameroon. *Tropicultura*. 9 : 3, 100 - 104 ; 12 ref.
- PREVETT, P. F., 1961** - Field infestation of cowpea (*Vigna unguiculata*) pods by beetles of the families Bruchidae and Curculionidae in Northern Nigeria. *Bull. Ent. Research*, 52 : 535-545.
- RACHIE, K. O., 1985** - Introduction. *In* : *Cowpea Research, Production and Utilization*. Singh, S. R. & Rachie, K. O. (eds). John Wiley & Sons. pp 4-9.
- RASPLUS, J. Y., 1989** - Révision des espèces afrotropicales du genre *Dinarmus* Thomson (Hym : Pteromalidae). *Annls. Soc. Ent. Fr. (N. S.)* 25 : 135-162.
- RIBA, G. & SILVY, C., 1989** - Combattre les ravageurs des cultures. Enjeux et Perspectives. INRA, Paris. 230 p.

- RISCH, S. 1980** - The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem : the effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. *J. Applied Ecology*. 17, 593-612.
- ROBERTS, J. M. F. ; HODGSON, C. J. ; JACKAI, L.E.N. ; THOTTAPPILLY, G. & SINGH, S. R. 1993** - Interaction between two synthetic pyrethroids and the spread of two non- persistent viruses in cowpea. *Annals of Applied Biology*. 122 : 1, 57-67 ; 16 ref.
- ROJAS-ROUSSE, D. ; DOURY, G. ; TERRASSE, C. & KALMES, R., 1995** - Behavioural plasticity in the stinging act of female ectoparasitoids. *Physiological Entomology* ; 20, 147-154.
- ROOT, R. B., 1973** - Organisation of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats : the fauna of collards (*Brassica olearacea*). *Ecological Monographs* 43 : 95-124.
- ROUSSEL UCLAF, (Ed.), 1982** - Deltaméthrine monographie, 412 p.
- SAGAPPA, H. K., 1977** - Effectiveness of oils as surface protectants against the bruchid *Callosobruchus chinensis* L. infestation on red gram : Mysore. *J. Agric. Sci.* 11, 391-397.
- SAGNIA, S. B. & SCHUTTE, 1992** - Le système de stockage du niébé en milieu villageois dans l'état de Kano, Nigéria. *Sahel PV Info*, 46 : 6-15.
- SANKUNG, B. S., 1994** - Mortality factors affecting *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) under field conditions in Niger. *J. Stored Prod. Res.*, 30 (1) ; 71-74.
- SANO-FUJII, I., 1984** - Effect of bean water content on the production of active form of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). *J. Stored Prod. Research*, 20 (3) : 153-161.
- SANON, A. 1993** - Observation des pontes de *Bruchidius atrolineatus* PIC. et de *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptères, Bruchidae) sur les gousses de *Vigna unguiculata* WALP dans les cultures. Suivi de l'évolution des populations de ces Bruchidae et de leurs parasitoïdes dans un système expérimental de stockage du niébé. *Mémoire de fin d'études IDR* ; Univ. de Ouagadougou, 107 p.
- SANON, A. 1995** - Incidence du développement de *Dinarmus basalis* Rond. (Hyménoptère ; Pteromalidae) sur l'évolution des populations de *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coléoptère ; Bruchidae) à l'intérieur de systèmes expérimentaux de stockage du niébé (*Vigna unguiculata* WALP). *Mémoire de DEA* ; Université de Ouagadougou, 63 p.
- SANON, A. 1997** - Contribution à l'étude du contrôle biologique des populations de Bruchidae ravageurs des graines de niébé, *Vigna unguiculata* Walp, au cours de leur stockage au Burkina Faso. *Thèse de Doctorat 3ème cycle* ; Université de Ouagadougou, 162 p.
- SECK, D. ; SIDIBE, B. ; HAUBRUGE, E. & GASPARD, Ch., 1991** - La protection des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en milieu rural : utilisation de différentes formulations à base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) provenant du Sénégal. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.*, Vol. 56 N° 3b ; pp. 1217-1224.
- SECK, D. ; LOGNAY, G. ; HAUBRUGE, E. ; WATHELET, J. P. ; MARLIER, M. ; GASPARD, C. & SEVERIN, M., 1993** - Biological activity of the shrub *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. Ex Poir. (Capparaceae) on stored grain insects. *J. of Chemical Ecology*. Vol. 19, N° 2 ; pp. 377-389.
- SINGH, S. R., 1985**- Grain legume entomology. IITA, Ibadan. Nigeria. pp. 15-29.
- SINGH, S. R. ; LUSE, R. A. ; LEUCHNER, K. & NANDJU, D., 1978** - Groundnut oil treatment for the control of *Callosobruchus maculatus* during cowpea storage. *J. stored. Prod. Res.* 14, 77-80.

- SINGH, S. R. & ALLEN, D. J., 1979 - Cowpea pests and diseases. IITA, Ibadan, Nigeria, Manual series 2. 119 p.
- SINGH, S. R. & VAN EMDEN, H. F., 1979 - Insect pests of grain legumes. *Annual review of Entomology*, 24 : 255-278
- SINGH, S. R. & ALLEN, D. J., 1980 - Pests, diseases, resistance and protection in cowpeas. In : Summerfield R. J. and Bunting A. H. eds. *Advances in Legumes Science*. London UK, Her Majesty's Stationery Office ; pp. 419-443.
- SINGH, S. R. & JACKAI, L. E. N., 1985 - Insects pests of Cowpeas in Africa. Their life cycle, economic importance and potential control. In *Cowpea Research, Production and Utilization*. SINGH, S. R. & RACHIE, K. O. (eds) pp. 217-231.
- SINGH, B. B. & SINGH, S. R., 1990 - Breeding for bruchid resistance in cowpea. In : Fujii, K. et al. (Eds.) : *Bruchids and legumes : economics, ecology and coevolution* ; Proc. 2nd Int. Symp. *Bruchids Legumes*, Okayama, pp. 219-228.
- SINGH, U. & SINGH, B., 1992 - Tropical grain legumes as important human foods. *Economy Botany*, 46 (3) : 310-321.
- SINGH, S. R. ; JACKAI, L. E. N. ; DOS SANTOS, J. H. R. & ADALLA, C. B., 1990 - Insect pests of Cowpea. In : S. R. Singh (ed.), *Insect Pests of Tropical Food Legums*, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 43-89.
- SINGH, S. R. ; JACKAI, L. E. N. ; THOTTAPPILLY, G. ; CARDWELL, K. F. & MYERS, G. O., 1992 - Status of research on constraints to cowpea production. In : G. Thottappilly, L. M. Monti, D. R. Mohan Raj & A. W. Moore (eds.), *Biotechnology : Enhancing Research on Tropical Crop in Africa*, CTA/IITA, Ibadan, pp. 21-26.
- SMARTT, J., 1976 - Tropical pulses. *Tropical Agricultural Series*. Longman Group Limited, 348 p.
- SMITH, H. S., 1919 - On some phases of insect control by the biological method. *J. of Economical Entomology*, 12 : 288-292.
- SOU, S. 1994 - Etude de la contamination des gousses de niébé (*V. unguiculata* Walp) à la récolte par deux bruches, *C. maculatus* Fab. et *B. atrolineatus* Pic. et par des Hyménoptères parasitoïdes. Etude du contrôle biologique des populations de *C. maculatus* Fab. par *D. basalis* ond. en conditions de stockage expérimental. *Mémoire de fin d'études IDR* ; Univ. de Ouagadougou, 58 p.
- SOU, S. 1996 - Etude de l'impact des traitements insecticides sur la colonisation des gousses de niébé (*Vigna unguiculata* Walp) dans les cultures par les bruches et leurs parasitoïdes. *Mémoire de DEA* ; Université de Ouagadougou, 48 p.
- STEFFAN, J. R., 1954 - Note sur le genre *Uscana* Girtl. (Hym. Trichogrammatidae) et description d'espèces nouvelles parasites de bruches. *Bull. Museum*, 2e série, 26 (6) : 667-673.
- STEFFAN, J. R., 1981 - The parasites of the Bruchidae. In : *The ecology of bruchids attacking legumes (pulses)*. V. Labeyrie, W. Junk (Eds). Proc. Int. Symp., Tours, April 16-19, the Hague : pp 223-229.
- SUMMERFIELD, R. J. ; PATE, J. S. ; ROBERTS, E. H. & WIEN, H. C., 1985 - The physiology of Cowpeas. In *Cowpea Research, Production and Utilization*. SINGH, S. R. & RACHIE, K. O. (eds) pp. 65-101.
- TAUBER, M. J. & TAUBER, C. A., 1976 - Insect seasonality : diapause, maintenance, termination and post-diapause development. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 21, 81-107.

- TAUBER, M. J. & TAUBER, C. A., 1981 - Insect seasonal cycles : genetics and evolution. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **12** : 281-308.
- TAUBER, M. J. ; TAUBER, C. A. & MASAKI, S., 1984 - Adaptation to hazardous seasonal conditions : dormancy, migration and polyphenism. *In* : *Ecological Entomology*, C. B. Huffaker and R. L. Raab, eds., Wiley, New York, pp. 149-183.
- TERRASSE, C. ; NOWBAHARI, B. & ROJAS-ROUSSE, D., 1996 - Sex ratio regulation in the wasp *Eupelmus vuilleti* (Crawf.), an ectoparasitoid on bean weevil larvae (Hymenoptera : Eupelmidae). *J. of Insect Behavior*, **9** (2), 251-263.
- THOTTAPPILLY, G. ; ROSSEL, H. W. ; REDDY, D. V. R. ; GREEN, S. K. & MAKKOUK, K. M., 1990 - Vectors of virus and mycoplasma diseases ; an overview. *In*. *Insect pest of Tropical Food Legumes*, Ed. SINGH, S. R. Chichester John Wiley & Sons Ltd. pp. 323-342.
- TRAN, B. & HUIGNARD, J., 1992 - Interactions between photoperiod and food affect the termination of reproductive diapause in *Bruchus rufimanus* (Boh.), (Coleoptera : Bruchidae). *J. Insect Physiol.* **38** : 633-642.
- TRAN, B., DARQUENNE, J. & HUIGNARD, J. 1993 - Changes in the responsiveness to factors inducing diapause termination in *Bruchus rufimanus* (Boh.) (Coleoptera : Bruchidae). *J. Insect Physiol.* Vol. **39**, N° 9, pp. 769-774.
- UTIDA, S., 1954 - "Phase" dimorphism observed in the laboratory population of the cowpea weevil *C. quadrimaculatus* JAP. (Coleoptera : Bruchidae). *J. Applic. Zool.*, **18** : 161-168.
- UTIDA, S., 1972 - Density - dependent polymorphism in the adult of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* **8** : 111-126.
- UTIDA, S., 1974 - Polymorphism in the adult of *C. maculatus*. A possible process of evolution to stored product pest. *Proc. 1st Int. Work. Conf. Stored-Prod. Entomol. Savannah, Georgia USA.* 686-691.
- VAN ALEBEEK, F. A. N., 1991 - Interspecific host discrimination by two solitary ectoparasitoids of immature stages of Bruchidae. *Med. Fac. Landbouww Rijksuniv gent*, **56/3b** : pp 1011-1020.
- VAN ALEBEEK, F. A. N., 1996 - Foraging behaviour of egg parasitoid *Uscana lariophaga* : toward biological control of bruchid pests in stored cowpea in West Africa. *Thesis Landbouwniversiteit Wageningen*, 176 p.
- VAN ALEBEEK, F. A. N., ROJAS-ROUSSE, D. & LEVEQUE, L. 1993 - Interspecific competition between *Eupelmus vuilleti* and *Dinarmus basalis*, two solitary ectoparasitoids of Bruchidae larvae and pupae. *Entomol. Exp. Appl.*, **69** : 21-31.
- VAN HUIS, A. 1981 - Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua. *Meded Landbouwhogeschool, Wageningen*, **81-6**, 221 p.
- VAN HUIS, A., 1991 - Biological methods of bruchid control in the tropics : a review. *Insect Science and its Application*. Vol. **12**, N° 1/2/3, pp. 87-102.
- VAN HUIS, A., 1993 - Overview of research on *Uscana lariophaga* (Hym. Trichogrammatidae), egg parasitoid of bruchid beetle (Col. Bruchidae) storage pests of cowpea in West Africa. *European Bruchid Conference*, Egham, United Kingdom, April 19-21, 1993. pp. 43-48.

- VAN HUIS, A ; KAASHOEK, N. K. & MAES, H. K., 1991 a - Biological control of bruchids (Col. Bruchidae) in stored pulses by using egg parasitoids of genus *Uscana* (Hym. Trichogrammatidae) : a review. In : F. Fleurat-Lessard and P. Ducom (eds) ; *Proceedings of the Fifth International Working Conference on Stored-product Protection*, France, September 9-14, 1990, pp. 99-108.
- VAN HUIS, A ; VIJKAMP, M. G. ; LAMMERS, P. M. ; KLEIN GOLDEWIJK, C. G. M. ; VAN SEETERS, J. H. & KAASHOEK, N. K., 1991 b - *Uscana lariophaga* (Hymenoptera : Trichogrammatidae) an egg parasitoid of beetle (Coleoptera : Bruchidae) storage pests in West Africa : Host-age and host-species selection. *Bul. of Entomol. Research*, **81** : 65-75.
- VAN HUIS, A. ; ARENDSE, P. W. ; SCHILTHUIZEN, M. ; WIEGERS, P. P. ; HEERING, H. ; HULSHOF, M. & KAASHOEK, N. K., 1994 a - *Uscana lariophaga*, egg parasitoid of bruchid beetle storage pests of cowpea in West Africa : the effect of temperature and humidity. *Entomol. Exp. Appl.* **70** : 41-53.
- VAN HUIS, A. ; SCHÜTTE, C. ; COOLS, M. H. ; FANGET, Ph. ; VAN DER HOEK, H. & PIQUET, S. P., 1994 b - The role of semiochemicals in host location by *Uscana lariophaga*, egg parasitoid of *Callosobruchus maculatus*. *Proceedings of 6th International Working Conference on Stored product Protection*. 17-23 April 1994, Canberra, Australia- Vol. 2, pp. 1158-1164.
- VARAIGNE-LABEYRIE, C. & LABEYRIE, V., 1981 - First data on Bruchidae which attack the pods of legumes in Upper Volta of which eight species are man consumed. *Series Entomologica*. **19** : 83-96.
- VINSON, S. B., 1976 - Host selection by insect parasitoids. *Ann. Rev. Entomol.*, **21** : 109-133.
- VINSON, S. B., 1984 - Parasitoid-host relationships in chemical ecology of insect. Bell W. J. & R. T. Carde (Eds). pp. 205-233.
- VISSER, J. H. 1979 - Electroantennogram responses of the Colorado Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, to plant volatiles. *Entomol. Exp. Appl.*, **25** : 86-97.
- VISSER, J. H. ; VAN STRATEN, S. & MAARSE, H., 1979 - Isolation and identification of volatiles in the foliage of potato, *Solanum tuberosum*, a host of the Colorado Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *J. Chemic. Ecol.*, **5** : 13-25.
- WAI, K. M. & FUJII, K., 1990 - Sex-ratio determination in three wasp species ectoparasitic on bean weevil larvae. In : Fujii, K., et al. (eds), *Bruchids and Legumes : Econ., Ecol. and Coevol.*, 331-340.
- WILLIAMS, R. N. & FLOYD, E. H., 1971 - Effect of two parasites, *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans*, upon populations of the maize weevil under laboratory and natural conditions. *J. of Econ. Entom.*, **64** (6) : 1407-1408.
- WILLIAMSON, T. M. ; REID, J. C. & MURRAY, R. C. 1993 - Field evaluation of insecticides for the control of pod borer, *Fundella cistipennis*, and other insect pests of cowpea, *Vigna unguiculata* in Jamaica. *Bul. Res. and dev. Division, Ministry of agriculture, Jamaica*. N° **68**, 59-61.
- ZEHRER, W., 1987 - Méthodes traditionnelles de stockage du niébé (*Vigna unguiculata*) au Togo. In : Colloque International sur *Les Légumineuses Alimentaires en Afrique*. 19-22 Novembre 1985, Niamey (Niger). pp. 224-229.