



CN990009

J113

DIA

Thème :

**EVALUATION DE LA RESISTANCE
VARIETALE DU NIEBE
(*Vigna unguiculata* L. Walp.)
A. (*Callosobruchus maculatus* F.)**

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

Spécialisation : Productions Végétales

Par

Soukeyna Chimère DIAW

Soutenu le 21 Janvier 1999 devant le jury

- | | |
|-----------------------|--|
| - M Moussa FALL | Directeur de l'ENSA et Président du jury |
| - M Alioune COLY | Directeur des études de l'ENSA |
| - M Saliou NDIAYE | Chef du département Productions Végétales |
| - M Abdoulaye NIASSY | Chef du Laboratoire d'Entomologie de la DPV -
DAKAR |
| - Mme GUEYE A. Ndiaye | Maître Assistant Dpt Biologie Animale ; UCAD |
| - M. Dogo SECK | Chef du CNRA de Bambey |

REMERCIEMENTS

A travers ce travail, je tiens à remercier :

A L'ENSA

- ◆ Monsieur Moussa Fall (Directeur de l'ENSA) et à travers lui tout le Personnel administratif
- ◆ Monsieur Saliou Ndiaye (mon Chef de département) qui s'est toujours évertué à nous donner un enseignement de qualité, j'admire sa compétence, sa disponibilité, sa courtoisie et sa simplicité.
- ◆ A tous les autres Professeurs de l'ENSA (permanents et vacataires) qui ont eu à me transmettre de leur savoir.
- ◆ A tous mes promotionnaires et autres camarades élève-ingénieurs de l'ENSA

A U CNRA DE BAMBEY

- ◆ Mon maître de stage, Dr. Dogo Seck, Chef du CNRA de Bambey pour nous avoir accepté volontiers dans son Centre de Recherche. Vous m'avez fait confiance pour m'avoir proposé ce travail très passionnant, j'ai beaucoup apprécié votre souci permanent du travail bien fait, votre disponibilité et votre simplicité doublée de compétence. Veuillez recevoir (vous et votre famille) le témoignage de ma profonde gratitude.
- ◆ Monsieur Amadou Bâ, j'admire beaucoup sa compétence, sa rigueur scientifique, sa modestie et sa courtoisie, je tiens à le remercier et à travers lui, l'ensemble des chercheurs du centre.
- ◆ Au laboratoire Post-récolte, je remercie MM. Emmanuel Alias, Barou Sidibé, Almamy Ndiaye pour leur appui technique et moral.
- ◆ MM. Amadou Kandji et Jacob Diatta ainsi que Mlles Marne Nahé Diouf, Rosalie Diouf et Irène Diogo pour leur soutien moral sans faille.
- ◆ Abdourahmane Diom pour la saisie de ce rapport.
- ◆ A L'ITA OKSTOM, je tiens à témoigner ma profonde gratitude à Alex Delobel, pour avoir contribué de manière scientifique à l'élaboration de ce document.

Je tiens également à remercier:

- ◆ Tous les membres de ma famille (frères et soeurs, tantes, cousins et cousines) pour leur soutien dans mes études sans oublier mes deux oncles Seydou Sow et Boubacar Sidibé qui m'ont accepté volontiers dans leur famille.
 - ◆ Mr. Babacar Cissokho pour ses encouragements, son soutien, sa sympathie. Je lui témoigne toute mon affection. Je remercie également tous les membres de sa famille, particulièrement sa maman, ma maman Djina Guiro.
 - ◆ Mes amis Mbakh Samb, Mouhamed Diagne, Oulymata Diop, Marne Fama Bâ, Aïssatou Sakho, Aïfa Fatima Ndoye, Ibahima Niane pour leur encouragement.
-

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
REMERCIEMENTS	
RESUME	
ABSTRACT	
INTRODUCTION	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1 • GENERALITES SUR VIGNA UNGUICULATA L. WALP	3
1.1. Taxonomie et diversité des formes cultivées	3
1.2. Biologie et mode de reproduction	3
1.3. Morphologie, écologie et synonymie	4
1.4. Valeur alimentaire et importance économique	5
2 • GENERALITE SUR LES BRUCHIDAE	7
2.1. La bruche du niébé : (<i>Callosobruchus maculatus</i> F.) : Systématique et Synonymie	8
2.2. Morphologie	8
2.3. Ecologie et biologie	10
2.4. Dégâts et importance économique	11
3 • REVUE DES DIFFERENTES METHODES DE LUTTE	12
3.1. Méthodes traditionnelles	12
3.1.1. La méthode préventive	12
3.1.2. Les procédés physico-mécaniques	13
3.1.3. L'utilisation des substances végétales	14
3.2. Lutte moderne	14
3.2.1. Méthodes physiques	14
3.2.2. Méthodes biologiques	15
3.2.3. Lutte chimique	15

3.2.3.1. Insecticides de contact	16
3.2.3.2. Les fumigants	16
3.2.4. Résistance variétale	17
3.2.4.1. Généralités sur la résistance	17
3.2.4.2. Définition de la résistance	18
3.2.4.3. La résistance variétale à la bruche du niébé	19
3.2.4.4. Les différents mécanismes de résistance du niébé aux bruches	21.
3.2.4.4.1. la résistance physique	22
3.2.4.4.2. la résistance biochimique	23
3.2.4.4.3. la génétique de la résistance à la bruche	25
3.3. Les acquis de la recherche sur la résistance variétale du niébé à la bruche au Sénégal	26
3.4. Les difficultés du criblage	27
Conclu sion	27

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES	27
1.. Matériel végétal	28
2. Matériel biologique	29
3. Evaluation de la résistance variétale par la méthode classique de criblage	30
4. Dispositif expérimental et outils statistiques	31
5. Etude de la compétition larvaire	31
RESULTATS	
1. Nombre d'oeufs sur les graines de 20 entrées de niébé	32
i1. Répartition des œufs sur graines et sur support	33
3. Nombre d'adultes émergents de la descendance F ₁	35
4. Comportement des adultes émergents en F ₁	36
5. Evaluation des dégâts occasionnés par <i>C. maculatus</i> sur les graines	49

6. Evaluation des pertes en poids de graines	50
7. Evaluation de la survie de <i>C. maculatus</i> dans les graines	51

DISCUSSION

1. La ponte sur les graines	53
2. Les émergences de la descendance F_1	53
3. Evaluation des pourcentages de graines attaquées et de perte en poids	54
4. Evaluation de la survie de <i>C. maculatus</i> sur les différentes entrées	54
5. Compétition larvaire dans les graines	54

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	56
----------------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	58
-----------------------------	----

JE DEDIE CE TRAVAIL

☞ A Allah le Tout Puissant, le Miséricordieux, à son Prophète Mouhamed (PSL), à Cheikh Ahmadou Bamba Mbacké.

☞ A la mémoire de tous mes grands parents, mes 2 soeurs (Mbarou Diaw et Marne Ma::ie Diaw) mes 2 tantes (Fatou Moustaph Ndiaye, Sokhna Bintou Mbacké), de mon amie Marne Sokhna Tandiné (in Memorium).
Que Dieu vous ouvre les portes de son Paradis.

☞ A mon père et à ma mère :

Il n'y a pas de mots que je puisse user aujourd'hui pour traduire tout mon amour et ma reconnaissance. Vous m'avez toujours guidé dans la vie, prodigué des conseils judicieux et me soutenir au cours de mes études.

Qu'Allah, le Tout Puissant vous protège, vous accorde santé et longévité afin que vous jouissiez du fruit de votre labeur.

LISTE D E S T A B L E A U X

Tableau 1 : Teneur en éléments nutritifs essentiels du niébé et du riz

Tableau 2 : Situation de la production de niébé au Sénégal et les superficies emblavées de 1993 à 1998.

Tableau 3 : Codification du matériel végétal testé.

Tableau 4 : Nombre d'œufs pondus par les femelles de *C. maculatus* sur les graines de 20 entrées de niébé

Tableau 5 : Population de la descendance F_1 de *C. maculatus* sur 20 entrées de niébé

Tableau 6 : Dégâts de *C. maculatus* sur les 20 entrées de niébé

Tableau 7 : Pourcentage de pertes en poids des graines de 20 entrées de niébé

Tableau 8 : Pourcentage de réussite du développement de *C. maculatus* sur des graines de 20 entrées de niébé

LISTE D E S F I G U R E S

- Figure 1 Cycle biologique de *C. maculatus* en conditions optimales
- Figure 2 Répartition du nombre d'oeufs pondus par *C. maculatus*
sur graines et support pour 20 entrées
- Figure 3 Emergences des adultes F_1 selon le sexe à différentes
périodes pour 20 lignées testées
- Figure 4** Rythme d'émergences journalière des adultes F_1 sur 20
lignées testées
- Figure 5** : Evolution des émergences de 20 lignées selon différents
traitements
-

RESUME

La résistance des graines de 20 entrées de niébé (*Vigna unguiculata*. L. Walp) à l'égard de *Callosobrochus maculatus* F. a été évaluée en conditions contrôlées. Sur la base de 5 critères quantitatifs pertinents, à savoir : le Nombre d'adultes émergents F₁, le pourcentage de graines attaquées, le pourcentage de perte en poids des graines, le pourcentage de survie et le nombre d'oeufs sur les graines, des différences significatives ont été mises en évidence.

Parmi le matériel testé, la lignée IT 90K - 277-2 provenant de l'IITA s'avère la plus résistante. Une variété améliorée de l'ISRA, IS 86 - 275 (mouride) et une variété locale sénégalaise Wolette présentent une résistance modérée à *Callosobrochus maculatus*. Toutes les autres entrées, y compris les lignées « Bruchid-Resistant de l'IITA » s'avère sensibles à la souche de *C. maculatus* utilisée.

Ces résultats démontrent la nécessité de confirmer la résistance de tout matériel exotique dans les conditions biotique et abiotique de son utilisation future, avant d'envisager son exploitation dans un programme d'amélioration variétale. Ils montrent aussi la nécessité de rechercher des sources de résistance dans le matériel indigène.

SUMMARY

Resistance to *C. maculatus* in 20 cowpea (*Vigna unguiculata*) accessions was evaluated under controlled conditions. On the basis of 5 quantitative pertinent parameters : the number of F₁ adults emerged, the percentage of holed seeds, the percentage of weight loss, the percentage of survival and the number of eggs laid on seeds, significant differences have been found between the varieties ; the line (IT 90 K - 277 - 2) from IITA being the most resistant.

The improved variety from ISRA, IS 86 - 275 (Mouride) and the local variety from Senegal (Wolette) were moderately resistant to *C. maculatus*. All the other entries, included Bruchid resistant lines from IITA were susceptible to the *C. maculatus* strain used.

These results show the importance to confirm resistance of all exotic material under its futur biotic and abiotic conditions of utilisations before considering any use in a breeding program. They also show the necessity to search for resistant sources among indegenous material.

INTRODUCTION

Introduction

Les légumineuses à graines représentent une importante source de protéine alimentaire dans de nombreuses régions du monde; leur culture a été reconnue comme étant l'une des solutions les meilleures et les moins coûteuses pour résoudre les problèmes de malnutrition et plus spécifiquement de carences protéiques en Afrique subsaharienne.

En effet, ces légumineuses à graines sont caractérisées par leur prix nettement moins élevé que celui des protéines animales (viande, poisson, œufs), elles ont une teneur en protéine d'environ 25 %. Par ailleurs, leurs feuilles sont riches en vitamines et en sels minéraux.

Toutes ces raisons justifient l'intérêt des légumineuses vivrières parmi lesquelles le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) occupe une place importante en Afrique tropicale.

Le niébé est cultivé dans le monde sur environ 7,7 millions d'hectares dont 6 millions sur le continent africain (Singh & Singh, 1992). Il est utilisé comme un excellent aliment pour le bétail du fait de la qualité de son feuillage, mais aussi contribue à l'amélioration de la fertilité des sols. Cependant son rendement est faible (100 à 300 kg/ha) en raison des nombreuses contraintes phytosanitaires auxquelles il est confronté (insectes et maladies).

Plante acclimatée à la chaleur et tolérante à la sécheresse, le niébé est cultivé au Centre et au Nord du Sénégal, où la pluviométrie de plus en plus déficitaire ne permet plus de satisfaire les besoins en eau de l'arachide et du mil.

Outre les pertes de rendement enregistrées au champ, le niébé subit des dégâts considérables pendant le stockage. Le principal responsable de ces dégâts est la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus*, le plus nuisible parmi les trois ravageurs identifiés (*C. maculatus* (F.), *C. rhodesianus* Pic et *Bruchidius atrolineatus*) sur niébé stocké Booker, (1967). Elle cause non seulement une réduction directe du poids sec mais également une diminution des qualités germinative et organoleptique des graines.

Les pertes occasionnées par la bruche au Sénégal peuvent atteindre 90 % après 6 mois de stockage (Seck, 1992). D'après Caswell (1973), les pertes dues aux bruches peuvent être

estimées à 4,5% de la production annuelle du niébé au Nigéria soit plus de 30 millions de dollars américains

Face à ces pertes post-récolte, différentes méthodes de lutte ont été mises au point en vue de trouver une solution pouvant limiter les dégâts causés par les bruches sur niébé. Il s'agit, entre autres, de la lutte chimique, de la lutte biologique, de l'utilisation de substances biocides végétales, de méthodes physiques et enfin de la résistance variétale. Cette dernière s'avère très avantageuse pour les petits agriculteurs en ce sens qu'elle ne demande pas d'intrants coûteux et constitue une arme incontournable, si toutefois on arrive à mettre au point des variétés résistantes aux bruches tout en étant productives en graines et en fanes.

Les différentes recherches menées dans le monde sur la résistance variétale à l'égard de *Callosobruchus maculatus* n'ont permis de découvrir qu'une seule source de résistance (Tvu 2027). Cette dernière a été utilisée dans des programmes de sélection pour améliorer la résistance des variétés généralement sensibles aux bruches. Ce travail qui demande la collaboration entre entomologistes et sélectionneurs, nécessite une compréhension plus fine des mécanismes de résistance ainsi que la mise au point de méthodes de criblage fiables pour l'identification de sources de résistance qui pourront être exploitées dans les programmes d'amélioration variétale.

Le présent travail, intitulé : « Evaluation de la résistance variétale du niébé à *Callosobruchus maculatus* » s'inscrit dans ce cadre. Il a pour objet d'évaluer la résistance de matériel introduit, amélioré et local vis à vis de *C. maculatus* en utilisant la méthode classique de criblage (qui consiste à infester les graines par les bruches et à suivre différents paramètres biologiques) et d'esquisser la compréhension des mécanismes de résistance aux bruches .

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1 • Généralités sur le niébé : *Vigna unguiculata* L. Walp

1 • 1 Taxonomie et diversité des formes cultivées

Le genre *Vigna* appartient à la super-famille des Légumineuses, à la famille des Fabaceae (ou Papilionoideae) et à la tribu des Phaseoleae.

Au sein des Phaseoleae, on dénombre 160 espèces incluant plusieurs formes cultivées en Afrique (*Vigna unguiculata* et *V. subterranea*) et en Asie (*V. mungo*, *V. radiata*, *V. aconitifolia*, *V. angularis* et *V. umbellata*).

La taxonomie habituelle du genre *Vigna* a été remise en cause par des données biosystématiques récentes qui distinguent 4 groupes d'espèces : (Charrier et al, 1997).

- le sous - genre *Vigna* à fleurs bleues ou jaunes
- le sous - genre *Plectotropis* à fleurs roses
- le sous - genre asiatique *Ceratotropis*
- le sous - genre primitif *Haydonia*

V. unguiculata présente des formes cultivées : *V. unguiculata* subsp. *Unguiculata* var. *unguiculata* des formes, spontanées annuelles *V unguiculata* subsp. *unguiculata* var spontanées et des formes pérennes réparties entre 10 sous-espèces (Charrier et al, 1997).

1 • 2 Biologie et mode de reproduction

Le niébé est une plante annuelle, herbacée autogame. Toutefois, il présente un taux d'allogamie variant entre 0,2 et 2% . C'est une espèce diploïde avec $2n = 22$ chromosomes de petite taille comme chez la plupart des espèces de Phaseoleae (Charrier et al, 1997). L'architecture de la plante est très variable selon les génotypes , les conditions de température et de photopériode. On distingue en effet des formes érigées et des formes rampantes ou volubiles .

La germination du niébé est épigée. Les réserves contenues dans les cotylédons s'amenuisent au fur et à mesure qu'elles assurent une croissance vigoureuse à la plantule. La racine

pivotante est en général bien développée et les racines secondaires portent des nodosités renfermant des bactéries fixatrices d'azote.

Les fleurs sont de grande taille. L'inflorescence toujours axillaire est formée d'un pédoncule mesurant 10 à 30 cm. La déhiscence des anthères se produit plusieurs heures avant l'ouverture de la fleur alors que le stigmate est réceptif 2 jours auparavant (Ladeinde et Bliss, 1997, cité par Charrier et al, 1997).

1.3 Morphologie , écologie et *synonymie*

Le niébé est caractérisé, d'une part par des feuilles alternes, pétiolées; les deux premières feuilles opposées, sont sessiles et entières et, d'autre part par la présence de deux stipules prolongés sur chaque noeud de la tige et trois bourgeons axillaires capables de donner une tige latérale ou une inflorescence .

Les formes cultivées se distinguent des formes sauvages par des gousses non déhiscentes et par des graines non dormantes (Charrier et al, 1997).

La gousse de niébé comporte 8 à 20 graines ovoïdes, réniformes, lisses ou ridées. Les caractéristiques des graines et des gousses chez les formes cultivées constituent des critères de description des cultivars et d'identification des cultigrupes.

La nature du tégument constitue également une caractéristique importante de la graine . On trouve , en effet , deux types de tégument; l'un épais, lisse et plus ou moins brillant et l'autre mince, ridé et mat. Ces 2 types semblent déterminés par au moins 2 gènes; le phénotype à tégument lisse étant dominant (Ferry, 1985 ; cité par Charrier et al 1997).

Les températures optimales de culture varient entre 25 et 28° C . Au-delà de cette amplitude, précisément entre 32 et 35°C , on note une chute des fleurs et des gousses . Les variétés les plus précoces ont un cycle de 60 à 65 jours alors que les tardives peuvent aller jusqu'à 140 au 150 jours.

Le niébé s'adapte bien aux zones tropicales sèches à faible pluviométrie (300-600 mm) . Il n'est pas très exigeant en sol, mais croît de préférence sur les sols sablo-limoneux bien drainés. Ses besoins en eau sont de l'ordre de 200 mm/tonne de matière sèche/ha .

Les maladies fongiques, bactériennes et virales causent de sérieuses pertes économiques surtout dans les zones les plus humides, ce qui limite l'extension de la culture du niébé dans ces zones .

Le niébé *Vigna unguiculata* est connu sous le nom de *Dolichos sinensis* L., *Dolichos bifloris* L., *Vigna sinensis* L., Sarra ex Hank, *V.baoulensis* A. chev.

En Français , on le désigne sous le nom de Dolique ou haricot indigène, en anglais : Cowpea, Cowderpea, Southernpea, black eyed pea. Ses noms vernaculaires sont : niébé en wolof, bosso en bambara, niaw en sérère.

1.4 Valeur alimentaire et importance *économique* .

Le niébé est l'une des légumineuses les plus précieuses en période de soudure ou de sécheresse, lorsque, les principales denrées. de base viennent à manquer. Il est caractérisé non seulement par la forte teneur de ses graines en protéines (20 à 25% de poids sec) (Alzouma, 1995) mais également par leur richesse en acides aminés essentiels même si elles présentent une relative déficience en méthionine et en cystéine .

Le niébé est également riche en éléments minéraux et ses fanes constituent un excellent fourrage pour le bétail . Certaines variétés à sénescence retardée, permettent une double production de gousses, dont la première contribue pour une large part à l'alimentation des populations en période de soudure .

Les caractéristiques nutritionnelles du niébé! en font un complément fort utile, apte à combler dans une certaine mesure le déficit proteïco-calorique caractéristique des rations essentiellement: à base de glucides .Le niébé constitue une source de revenus non négligeable pour les producteurs. Sa commercialisation connaît cependant certaines contraintes dont : qualité des graines et les fluctuation de prix au cours de l'année. A la récolte, le prix du niébé est généralement bas (60 à 70F/kg). Il atteint 135 à 145 F CFA/kg à la veille de l'hivernage et: peuvent monter jusqu'à 300 F voire 500 F et même plus au moment des semis. Ceci explique l'intérêt d'effectuer une bonne conservation des stocks jusqu'à cette période où le prix est le plus rémunérateur (Ndiaye , 1996)

	Riz Siam non blanchi	Niébé (<i>V. unguiculata</i>)	
		Graines	Feuilles
Eau (%)	13	9	83
Protides	7	23	4,8
Lipides	2	1	0,4
Glucides	64	61	8
Cellulose	8,8	3	2
Matière minérale	5,2	3	1
Calcium (en mg/100 g)	6	9,1	295
Phosphore	22,0	37,0	58
Fer	2,4	9	6
Acide ascorbique (Vit C)	0	2	60
Thiamine (Vit B1)	0,17	1,02	0,2
Riboflavine (Vit B2)	0,03	0,17	0,38
Niacinamide (Vit PP)	5,4	2,7	2,12
Equivalents carotène (en mg/100g)	0	35	3.770

Source : (Camara, 1997)

Tableau 1 : Teneur en éléments nutritifs essentiels du niébé et du riz

Au Sénégal, le niébé est rencontré dans toutes les zones agroécologiques. Le centre et le nord du Bassin arachidier représentent 82 % des superficies réservées à cette spéculat[i]on à l'échelle nationale et assurent 80 % de la production nationale (Faye, 1996; cité par Camara, 1997).

Jadis auto consommé au Sénégal, le niébé représente aujourd'hui la deuxième légumineuse cultivée après l'arachide. Il fait même l'objet de transaction internationale avec des importations vers les pays voisins. En 1995 les exportations de niébé vers la Côte d'Ivoire avoisinaient 810 t (Camara, 1997).

Les dégâts causés par *C. maculatus* constituent une contrainte majeure à la conservation des semences et à l'étalement de la commercialisation.

Année	Superficie (ha)	Production (t)	Rendement (kg/ha)
93/94	118000	85000	720
94/95	91504	28980	317
95/96	97479	41911	430
96/97	88623	20626	233
97/98	126719	19335	153

Source : Division des Statistiques Agricoles (Ministère de l'Agriculture).

Tableau 2 : Situation de la production de niébé au Sénégal et les superficies emblavées

2. Généralité sur les Bruchidae

L'ordre des Coléoptères compte environ 200 familles réparties dans 3 sous ordres (aschrostomates, adephages, polyphages) et 350.000 espèces dont plus de 40% sont connues. C'est dans le sous-ordre des polyphages que l'on rencontre les bruchidae : c'est un groupe très homogène d'insectes clétophages dont le développement se déroule en général à l'intérieur d'une seule et même graine. Les plantes hôtes sont souvent des légumineuses mais pas exclusivement.

Les ravageurs les plus redoutés à l'échelle mondiale se rencontrent entre autres, dans la famille des Bruchidae. Ils s'attaquent aux stocks de graines des légumineuses dans lesquels ils occasionnent des pertes importantes.

L'étude de l'écologie du développement permet de distinguer 3 groupes dans la famille des bruchidae (Delobel et Tran, 1993) :

- les espèces dont la ponte se fait au champ sur la gousse encore verte et dont le cycle de développement se passe dans des graines en cours de formation avec une teneur en eau élevée ;

- les espèces dont la femelle pond dans les mêmes conditions mais dont le développement se poursuit et s'achève dans les graines sèches et éventuellement au sein d'un stock ;
- les espèces dont l'ensemble du développement se déroule sur graines sèches : le développement larvaire se passe entièrement à l'intérieur de la graine. Les espèces les plus nuisibles à l'agriculture appartiennent à ce groupe.

La présente étude, concerne *Callosobruchus maculatus* ou bruche du niébé qui cause des dégâts aussi bien sur la culture en fin de cycle que pendant le stockage.

2.1 La bruche du niébé : (*Callosobruchus maculatus* F) :

Systématique et Synonymie

L'espèce fut décrite pour la première fois par Fabricius en 1775 . Sa position systématique actuelle a été précisée par Bridwell en 1929 puis par Southgate en 1979. *C. maculatus* appartient à la famille des Bruchidae, à la sous famille des Bruchinae et au genre *callosobruchus*. La sous-famille des Bruchinae n'est d'ailleurs connue que sur les légumineuses (Southgate, 1979). Son origine n'est pas bien connue, mais Decelle (1981) pense que cette espèce serait originaire d'Afrique. La bruche du niébé (*C. maculatus* F.) communément appelée bruche à 4 taches ou bruche maculée comprend d'autres synonymies : *Bruchus quadrimaculatus*, *Bruchidius maculatus*, *B. ornatus*, *B. ambiguus*, *B. simatus*. Les *anglo-saxons* l'appellent *Cowpea Weevil*.

2.2 Morphologie

La famille des Bruchidae est cosmopolite et présente une grande uniformité biologique.

- ⚡ l'œuf est déposé par la femelle dans la gousse ou sur la graine où il reste adhérent ;
- ⚡ la larve *néonate* est très mobile et capable de percer les téguments durs et épais ;généralement chez les bruchidae les larves du premier stade sont caractérisées par une pièce chitinisée, située dorsalement sur le premier tergite thoracique ; elle

joue un rôle dans le processus d'éclosion et de percement du tégument séminal (Prevett,1967).

- les larves L_1 , L_2 et L_3 sont généralement mobiles, apodes avec des pattes vestigiales, la L_4 n'est mobile que chez certaines espèces avec la formation d'un cocon à l'extérieur.

L'examen de la capsule céphalique et plus particulièrement des *maxilles* et du *labium* permet l'identification du stade larvaire .

Au stade imaginal , *C. maculatus* mesure 2,5 à 3,5 mm. L'adulte de couleur noire à rousse présente des antennes crénelées à partir du 5^e article, les derniers articles sont parfois assombris (Delobel et Tran, 1993).

C. maculatus (F.) est également caractérisé par un prothorax plus court, rouge sombre ou noir avec de vagues dessins de pubescence pâle, côtés du pronotum convexes.

Les mâles se distinguent aisément des femelles par leur dernier segment abdominal émarginé pour recevoir l'apex du pigidium plus convexe. Leurs antennes sont généralement plus longues, plus dentées et parfois pectinées, leurs yeux sont souvent gros.

Une autre caractéristique de *C. maculatus* est l'existence de 2 formes qui se distinguent tant par la coloration de leurs élytres, leur aptitude au vol et leur fécondité. La forme «non voilière» s'adapte bien aux conditions de stockage et présente une fécondité plus élevée que la forme voilière. Cette dernière est rencontrée dans la nature et constitue la forme d'infestation des cultures de niébé dans les champs. Son taux de multiplication est faible et sa durée de vie longue.

L'apparition de la forme voilière est liée à la thermophase, à l'augmentation de la teneur en eau des graines et du milieu résultant d'un accroissement de l'activité métabolique des insectes. La fécondité est de 10 à 15 chez la forme « active ». la longévité de la forme normale est de l'ordre de 6 à 8 jours ; celle de la forme active d'environ 1 mois à 30°C. Le 4^e stade larvaire présente un corps en arc de cercle, porte des pattes vestigiales et ne possède qu'un seul ocelle de chaque côté de la tête (Delobel et Tran, 1993).

2.3 Ecologie et biologie

La plante hôte la plus fréquente de *C. maculatus* est *Vigna unguiculata* L. Walp. En Afrique, elle a été obtenue des graines de *Vigna radiata* (*Phaseolus aureus*), de *Vigna* (*Voandzeia*) *subterranea*, de *Vigna angularis* (*Phaseolus angularis*), de *Marotyloma geocarpum* (*Kerstingiella geocarpum*), de *Cajanus cajan* et même d'une césalpiniacée (*assia occidentalis*) (Sénégal) (Delobel et Tran, 1993).

Le cycle de développement de *C. maculatus* est fonction de la température et de l'humidité relative du milieu. Selon Delobel et Tran, 1997, les conditions optimales de développement se situent à 30° C et 70% d'humidité relative. L'étude de deux espèces de *Callosobruchus* (*rhodesianus* et *maculatus*) révèle une fécondité plus élevée sur *C. maculatus* avec une production importante d'œufs à 30°C (Giga et Smith, 1987).

Les femelles sont réceptives dès l'émergence. La fécondité varie entre 70 et 100 œufs par femelle. La ponte est déclenché chez la femelle gravide par un stimulus de nature chimique présent dans le tégument de la graine (Delobel et Tran, 1993).

Les œufs sont au départ translucides et fixés préférentiellement sur une surface lisse, par une substance gluante. A l'éclosion (5 à 10 j après oviposition), la larve néonate perfore le chorion de l'œuf par la face inférieure en contact avec la graine ou la gousse puis pénètre directement dans le substrat nutritif et se caractérise par un point blanc sur la graine (Decelle, 1981).

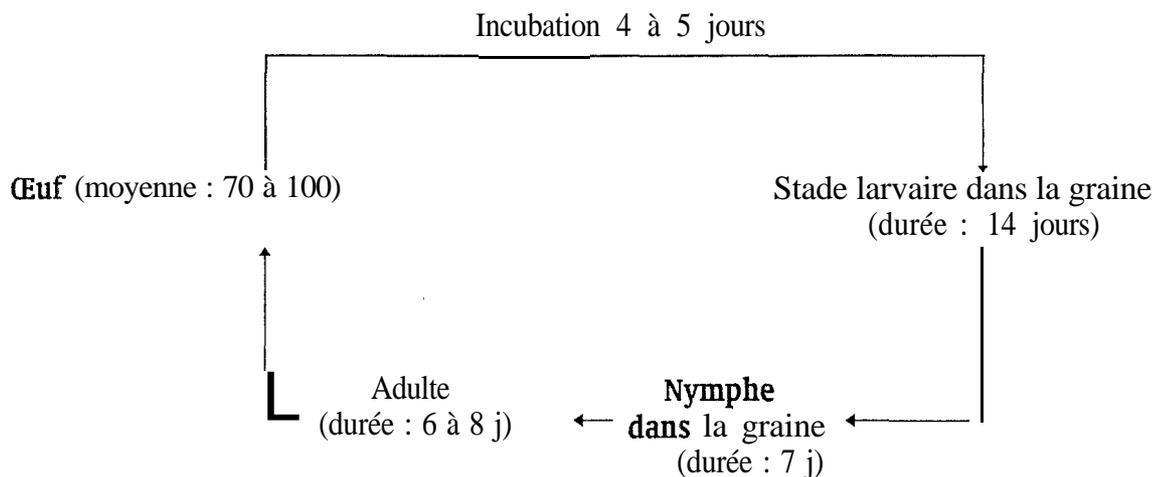


Figure 1 : Cycle biologique de *C. maculatus* en conditions optimales

Source: Camara 1997

2 - 4 Dégâts et importance économique

Les insectes de la famille des Bruchidae constituent sans aucun doute une des contraintes majeures au développement des cultures de légumineuses à graines.

Des études réalisées dans plusieurs pays d'Afrique Soudano-sahélienne (Niger, Burkina Faso, Sénégal), montrent qu'au niveau des villages, la plupart des récoltes de niébé sont détruites par les bruches après quelques mois de stockage. L'ampleur des dégâts occasionnés par *C. maculatus* est fonction du niveau d'infestation initiale, de la durée et des techniques de stockage (Seck, 1992).

Au Brésil, la destruction de 5% de graines de niébé par les bruches entraîne une perte de leur valeur marchande de l'ordre de 50% (Bastos, 1973 ; cité par Alzouma, 1995).

Le Nigéria représente le plus grand pays producteur de niébé avec 900.000 t/an . Dans ce pays les pertes dues aux bruches ont été estimées à 4,5% de la production annuelle de niébé soit l'équivalent de plus de 30 millions de dollars; des Etats Unis (Singh & Singh, 1992) .

Au Niger, les pertes causées par les bruches ont été estimées à plus de 30% de la production annuelle de niébé, ce qui correspondrait à 20 milliards de francs CFA soit plus du dixième de son budget d'investissement (Alzouma, 1995).

Au Sénégal, 90% des graines peuvent être endommagées après 6 mois de stockage (Seck, 1992).

La bruche du niébé cause non seulement une réduction directe du poids sec, mais également une diminution de la viabilité des semences et de la qualité des graines suite au développement de moisissures qui les rendent impropres à la consommation.

L'effet combiné des différents dégâts peut occasionner une perte totale des productions. Le problème est donc d'importance et la question cruciale est de savoir comment venir à bout ou tout au moins limiter de tels dégâts. A cet effet, une approche de lutte intégrant plusieurs méthodes tant modernes que traditionnelles, semble être une des voies à explorer.

3 • Revue des différentes méthodes de lutte

Compte tenu de l'ampleur des dégâts causés par *C. maculatus* sur le niébé aussi bien au champ qu'au moment du stockage, différentes méthodes de lutte ont été mises au point.

3 • 1 Méthodes traditionnelles

Les méthodes traditionnelles de lutte ont toujours été conçues de manière à être compatibles avec les moyens dont dispose le paysan. Il s'agit entre autres de :

3 • 1 • 1 JÀ méthode préventive

Elle vise une réduction au champ de l'infestation des gousses. Elle inclut :

- les techniques culturales consistant en un ramassage des gousses à un stade phénologique précoce, une récolte régulière des gousses dès leur maturité, un sarclage de la culture, une association du niébé avec de l'arachide ou une céréale.

- ε le tri de la récolte avant stockage pour réduire l'infestation initiale et conserver les gousses ou graines indemnes .
- εε l'amélioration des infrastructures de stockage en milieu paysan où prédominent des greniers traditionnels construits à partir de branchages et qui sont facilement accessibles aux bruches.
- ε l'utilisation de sacs en polypropylène ayant une doublure en coton est, à cet égard, très efficace pour empêcher les infestations ultérieures (Caswell et Van huis, 1991.; cité par Seck, 1994).
- ε l'hygiène du stockage: le nettoyage des locaux et des sacs en jute doit être effectué soigneusement.

3 . 1 . 2 Les procédés physico-mécaniques

• La température et l'humidité :

La sensibilité des ravageurs aux températures élevées est bien connue . L'effet de la chaleur ($T > 35^{\circ}\text{C}$) est accentué quand la teneur en eau des graines est inférieure à 10% (Ndiaye, 1991). Au Togo, le séchage rapide des récoltes au feu permet de ralentir le développement des insectes et de prévenir une nouvelle infestation (Zehrer, 1980, cité par Seck, 1994).

• Les matières minérales :

Le mélange des graines de niébé avec des substances minérales (cendre, sable, silice...) est un procédé très courant en milieu paysan pour le contrôle des insectes des denrées stockées. En effet les matières inertes entraînent la mort par déshydratation ou par abrasion de la cuticule des insectes (Kandji, 1996). Seck (1994) rapporte que la cendre empêche l'entrée des adultes dans les stocks, diminue l'oviposition et réduit les émergences en emprisonnant les adultes au sein des cellules pupales. De Luca (1979), cité par Camara (1997) rapporte l'action antagoniste durable voire même létale de la silice sur les insectes.

- Le stockage hermétique

Cette technique qui permet de tuer les insectes par asphyxie, consiste à créer les conditions d'une anoxie résultant de l'augmentation par la respiration des insectes et des graines de la teneur CO, et de la réduction subséquente de l'O₂.

Le récipient utilisé doit être étanche et rempli au maximum de graines, de manière à limiter le volume d'air disponible. Ceci permet d'atteindre rapidement une concentration létale en CO, pour les insectes présents. C'est une méthode très efficace pour la conservation du niébé en milieu paysan (Seck, 1994). Les seules contraintes à l'utilisation de cette méthode en milieu rural résident dans la disponibilité de fûts métalliques à un prix abordable et l'ouverture fréquente des fûts qui occasionnent des prises d'air lors des prélèvements.

3.1.3 L'utilisation des substances végétales

Les feuilles, fruits et morceaux d'écorces de plusieurs plantes sont traditionnellement utilisés pour lutter contre les bruches. Au Niger, l'étude menée sur les feuilles de *Boscia senegalensis* a permis de mettre en évidence la très bonne activité insecticide de cette plante (Ndiaye, 1991). L'efficacité du neem *Azadirachta indica* a été rapporté par de nombreux auteurs.

Les huiles végétales font l'objet d'une utilisation courante pour le contrôle des bruches du niébé. L'efficacité des huiles à l'égard de *C. maculatus* serait due à des effets physiques et chimiques. Ces derniers résultent de la toxicité variable de leurs acides gras sur les insectes (Seck, 1994).

L'huile de neem, peut assurer une protection des graines de niébé pendant 6 mois de stockage à une dose de 5-10 ml/kg de niébé (Camara, 1997).

3.2 Lutte moderne

3.2.1 Méthodes physiques

Elles se fondent pour l'essentiel sur l'exploitation de la sensibilité des ravageurs aux radiations, aux températures extrêmes ainsi qu'à la teneur en oxygène et en dioxyde de carbone.

- ☞ L'exposition des populations d'insectes (bruches) à des doses élevées ou faibles d'irradiation gamma permet respectivement de tuer tous les stades de développement de l'insecte ou de les stériliser (Seck, 1994).
- ☞ La méthode d'irradiation gamma présente l'avantage de ne laisser aucun résidu dans les denrées, de ne favoriser aucune forme de résistance, d'être rapide et uniforme dans son application et sans danger pour les utilisateurs. Cependant elle demande un investissement initial élevé, des connaissances techniques approfondies.
- ☞ L'enrichissement de l'atmosphère de stockage par de l'azote ou du dioxyde de carbone fait chuter la teneur en O₂, et provoque ainsi l'asphyxie des insectes (Seck, 1994). Compte tenu du coût d'investissement élevé et des connaissances liées à leur utilisation, les méthodes de contrôle physique des insectes des denrées stockées ne sont pas applicables en milieu paysan.

3.2.2 Méthodes biologiques

Lorsque les lieux de stockage sont des espaces clos, ils constituent d'excellents modèles pour l'utilisation d'auxiliaires. Cette méthode de lutte consiste à identifier et à utiliser à des fins de lutte un prédateur, un parasitoïde ou un micro organisme pathogène capable de tuer ou de contrarier le développement de l'insecte ravageur dans son milieu.

Des études réalisées au Niger en conditions naturelles et au laboratoire ont permis de montrer l'efficacité d'une espèce ectoparasitoïde de larve de bruche : *Dinarmus basalis*. En effet cet agent biologique, lorsqu'il est seul peut parasiter 90% des larves de *C. maculatus* présentes dans les stocks (Alzouma, 1995). En outre, un autre parasitoïde *Uscana lariophaga*, doté d'une capacité de détection facile de ses hôtes dans les systèmes de stockage, permet une réduction significative des populations de bruches au Niger (Alzouma, 1995).

3.2.3 Lutte chimique

Deux principaux types de produits sont utilisés pour la protection des stocks de graines de niébé, il s'agit des insecticides de contact et des fumigants.

3 . 2 . 3 . 1 Insecticides de contact

On en distingue plusieurs familles :

- Les organochlorés : Le DDT et le lindane sont très efficaces contre *C. maculatus* mais sont très toxiques pour l'homme (DL 50 pour DDT 0,022 μg /adulte et 0,01 μg /adulte pour le lindane) (Hussein et Abdel-al., 1982). Actuellement, ces produits chimiques sont interdits sur le marché.
- Les organophosphorés : malathion., pirimiphos-méthyle, chlorpyriphos-méthyle, dichlorvos constituent un groupe d'insecticides polyvalents utilisés contre les insectes des denrées. Parmi ceux-ci le Pirimiphos - méthyle s'est révélé le plus efficace pour la lutte contre *C. maculatus* (Pierrard, 1984 ; cité par Seck 1994).
- Les carbamates : le Carbaryl est de loin le plus employé, la DL50 sur *C. maculatus* est de 0,25 μg /adulte(Hussein et Abdel-al, 1982 ; cité par Seck 1994).
- Les pyréthrinoïdes de synthèse : le plus intéressant est la deltaméthrine. Elle permet une protection efficace du niébé pendant 6 à 7 mois de stockage à la dose de 1 ppm (Seck, 1994).

Ces insecticides de contact ont malheureusement très peu d'action sur les formes larvaires cachées résultant d'une primo-infestation souvent importante.

3 . 2 . 3 . 2 *Les fumigants*

Ce sont des insecticides à haute tension de vapeur agissant sous forme gazeuse ; ils permettent de faire un traitement purement curatif en éliminant les formes cachées du ravageur . Dans les pays chauds, la phosphine (PH₃) est le fumigant le plus couramment utilisé et s'avère très efficace contre les œufs et les larves de *C.maculatus* (Singh et al., 1990 ; cité par Seck, 1994)

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

La lutte chimique, malgré son efficacité, se heurte à de nombreux problèmes liés à son coût élevé, aux dangers lors de l'application des produits, à l'apparition d'insectes résistants, aux résidus laissés dans les denrées et dans l'environnement.

Une alternative intéressante de lutte serait celle basée sur la résistance variétale. C'est précisément elle qui fait l'objet de cette présente étude. C'est une méthode de contrôle très prometteuse pour les petits agriculteurs en ce qu'elle présente l'avantage de se substituer à la lutte chimique et d'en éliminer ainsi les nombreux inconvénients précités.

3 • 2 • 4 Résistance variétale

3 • 2 • 4 • 1 Généralités sur la *résistance*

La notion de résistance a été très utilisée par les chercheurs du monde entier, aussi bien dans la théorie que dans la pratique, pour essayer de lever le défi de la protection des cultures contre les nuisibles.

En effet, cette notion de résistance qui se rapporte à une plante ou à une partie d'une plante donnée (les graines dans le cas d'espèce), fait partie intégrante de la lutte intégrée qui combine les différentes méthodes de lutte envisagées dans le cadre de la protection des cultures. La résistance d'une plante ou d'un cultivar à un insecte ravageur des cultures ou des denrées stockées, si elle est maîtrisée et maintenue de façon durable, constitue la meilleure méthode de lutte pour le petit agriculteur.

L'obtention de cette résistance dans une variété agronomiquement intéressante demande beaucoup d'investigations et de patience car les variétés ou plantes généralement dotées de ces caractères de résistance sont des espèces sauvages, non comestibles ou ayant des rendements très faibles.

Pour mieux cerner le problème de la résistance variétale, il importe de définir un ensemble de concepts devant nous permettre d'en avoir une compréhension claire et de l'appliquer à la résistance du niébé à la bruche.

3 . 2 . 4 . 2 *Définition de la résistance*

Dans la pratique, la résistance représente la capacité d'une certaine variété à produire une récolte importante de bonne qualité que pourraient donner d'autres variétés si celles-ci étaient soumises à une même population d'insectes (Fowden G. et *al.*, 1980). La notion de résistance recouvre également d'autres concepts. Ainsi, la résistance verticale et horizontale sont deux notions qui sont plutôt propres aux agents pathogènes mais leur définition permettra de mieux comprendre la notion relative de résistance aux bruches. Toutefois, les concepts les plus appropriés aux insectes demeurent l'antibiose, l'antixénose (ou la non préférence) et la tolérance.

« La résistance verticale

Elle est contrôlée par un gène majeur et ne couvre seulement que des races spécifiques d'un pathogène. Souvent, il existe une relation gène pour gène pour le pathogène. C'est une résistance évidente qui s'affaiblit souvent au fil du temps, à mesure que le gène virulent se répartit dans la population de pathogènes (Kim,1992).

« La résistance horizontale

Elle est de nature polygénique, ce type de résistance introduit un concept qui fait l'objet de discussion depuis 1963 (Singh, 1992). C'est un processus plus long, mais dont la durabilité des résultats est accrue. En effet, elle permet souvent au pathogène de survivre et de se développer mais à un taux de croissance très 'bas (Kim,1992). Cette résistance, une fois qu'elle est établie, permet d'éviter le risque que comporte celle dite monogénique ou verticale (rupture de la résistance à tout moment) et offre une solution de remplacement supérieure d'un point de vue écologique.

« L'antibiose

On parle d'antibiose lorsque le végétal exerce des effets négatifs sur le développement, la survie ou la reproduction de l'insecte qu'il héberge.

« La non - acceptation (en anglais « antixenosis » ou « non-preference »)

C'est quand le végétal est rejeté par l'insecte, comme source de nourriture ou site de ponte, et cela même en l'absence de choix.

« La tolérance

Elle permet au végétal résistant de supporter (sans effet négatif sur le rendement) des populations de ravageurs qui seraient dommageables aux variétés plus sensibles .

3 • 2 • 4 • 3 La résistance variétale à la bruche du niébé.

A travers le monde et plus spécifiquement en Afrique subtropicale la bruche du niébé représente un réel fléau aussi bien au champ que lors du stockage avec des pertes pouvant avoisiner 90% après 5 à 6 mois de stockage des graines de niébé. Les méthodes de lutte contre ce ravageur sont nombreuses, comme en atteste la revue ci-avant présentée . Cependant en milieu paysan le manque de moyens financiers et d'infrastructures adéquates de stockage limitent fortement leur utilisation et leur efficacité.

L'utilisation de variétés résistantes à la bruche est une méthode très prisée par les petits agriculteurs. En effet elle se substitue à la lutte chimique et en élimine ainsi de nombreux inconvénients tels les risques pour la santé et l'environnement, le coût élevé, les problèmes d'acceptation des différents produits par les populations locales ou encore les difficultés liées à l'utilisation des substances chimiques.

« Identification de la source de résistance

Le criblage de 8000 lignées de matériel génétique de niébé a permis aux chercheurs de l'IITA (Nigéria) d'identifier trois sources de résistance aux bruches, il s'agit des lignées TVu2027, TVu 11952, TVu 11953; celles-ci ayant montré une résistance significative à l'égard de *C. maculatus* (Lienard et Seck, 1994).

Cependant, elles sont peu intéressantes du point de vue agronomique (faible rendement, sensibilité aux maladies et ravageurs autres que les bruches) et pour cette raison, elles ne

peuvent faire l'objet de diffusion en milieu paysan, d'où leur utilisation comme source de résistance dans les croisements (Adjadi *et al.*, 1985; cité par Seck, 1994) .

En effet ces lignées dites résistantes n'étaient pas immunisées contre les bruches mais subissaient moins de dégâts que les lignées sensibles. Ce qui s'est traduit expérimentalement par une émergence retardée, irrégulière et lente d'insectes adultes pour les lignées résistantes et une émergence relativement précoce et extrêmement rapide pour les lignées sensibles. (Singh & Singh, 1992) . En outre, sur Tvu2027, les femelles de bruches faisaient correctement leur oviposition et l'œuf éclos était normal, mais la larve souffrait d'une mortalité de l'ordre de 75 à 80% juste après sa pénétration dans la graine (Messina et Renwick, 1985).

La résistance d'une lignée à la bruche est fonction de la (ou des) souche (s) utilisée (s) et du milieu dans lequel elle évolue. Ainsi la résistance de la lignée Tvu2027 semble effective contre plusieurs souches géographiques de *C. maculatus* (Singh & Singh, 1992), tandis que d'autres auteurs ont observé une résistance du Biébé à des souches de bruches originaires du Brésil, du Nigéria et de la République arabe du Yémen (Dick and Credland, 1984).

Lienard et Seck, (1994) rapportent que des souches de *C. maculatus* originaires de diverses régions géographiques diffèrent dans leur aptitude à se développer sur la variété Tvu 2027.

De même, les résultats de Redden *et al.*, (1983) sur la résistance du niébé à la bruche font état d'une différence de réponses chez deux souches différentes de *C. maculatus* dans leur capacité à survivre sur la variété résistante Tvu2027.

Des lignées dérivées de Tvu2027, notamment IT81D-1032 et IT81D-1064 ont montré une résistance modérée à *C. rhodesianus* Pic (Ndlovu et Giga, 1988 ; cité par Singh & Singh, 1992). En outre, les études antérieures de Redden *et al* indiquent que l'évaluation de la résistance d'une graine par son effet sur l'émergence des bruches, demande une population adéquate d'œufs de bruches (20 • 40) par échantillon, soit 3 œufs (ou moins) par graine (Redden et: Guire, 1983).

« Compétition larvaire dans les graines

La compétition peut être définie comme étant un phénomène d'interaction entre une population d'individus face à une même source de nourriture. Elle est intraspécifique quand elle se passe à l'intérieur d'un même substrat pour une espèce d'individus donnée. Chez les insectes dont le développement larvaire s'effectue dans un milieu clos (entomophage parasitoïdes ou phytophages séminivores), il arrive que plusieurs larves se développent simultanément et entrent en compétition pour la nourriture. Des mécanismes adaptatifs peuvent se mettre en place et assurent soit la survie de tous les individus avec conservation de la diversité génétique (miniaturisation), soit favorisent la compétition comme facteur de sélection (Ndiaye et al., 1992).

Par exemple, les travaux sur la compétition larvaire d'endoparasites mentionnés dans la littérature, ont le plus souvent porté sur des modèles qui faisaient intervenir de petites graines dans lesquelles la compétition intraspécifique n'intervient qu'à partir d'un certain niveau de surpeuplement. Dans ce cas, la compétition peut être directe ou indirecte, mais ne conduit pas toujours à l'élimination des individus surnuméraires, il y a parfois une miniaturisation des individus.

D'après Cancela Da Fonseca (1964), chez *Caryedon serratus* (OL), la compétition larvaire entraîne une réduction en poids des adultes qui émergent directement en relation avec la densité des larves colonisantes. Chez *C. maculatus* (F.), le mécanisme est double. Les possibilités de miniaturisation sont plus réduites et la compétition entre les larves se traduit par une mortalité importante avec émergence d'un nombre limité d'adultes. De tous ces exemples, il apparaît que la compétition intraspécifique entre larves n'est pas obligatoire et dépend généralement des niveaux de surpeuplement larvaire,

3 • 2 • 4 • 4 Les **différents** mécanismes de résistance du niébé **aux** bruches

L'étude des mécanismes de résistance du niébé aux bruches a fait l'objet de beaucoup de polémiques ces dernières années et e, en rapport avec les différents mécanismes de résistance mis en jeu.

Longtemps, les gens ont pensé que cette résistance n'était liée qu'à la structure de la graine et des gousses (résistance physique). Par la suite des études biochimiques et génétiques ont permis de découvrir d'autres sources de résistance.

La revue des différents mécanismes de résistance à la bruche du niébé (physique, chimique, génétique) s'avère nécessaire pour comprendre les différents points de vue des uns, des autres sur ce problème et d'avoir une idée plus nette sur la question.

3.2.4.4.1 La résistance physique.

Giga et Smith (1987), Lienard et Seck (1994) ont pu montrer à travers une étude des facteurs responsables de la résistance du niébé à la bruche que la préférence de ponte chez des femelles de *C. maculatus*, était plus élevée sur les graines lisses que sur les graines rugueuses. Ce qui permet de retenir que le mécanisme de résistance est plutôt physique. En effet, il s'est traduit par une baisse considérable de l'oviposition sur les graines rugueuses.

La disposition des macrosclérides de la couche épidermique des téguments des graines justifie les différences qui existent entre variété à tégument rugueux et lisse dans la pénétration larvaire (Nwanze et Horber, 1975).

Cependant, Singh & Singh, (1992) rapportent qu'il n'existe aucune différence en matière d'oviposition pour une lignée résistante (TVu 2027) et une lignée sensible (Ife Bown) et que la structure rugueuse ou lisse des téguments n'a aucune incidence sur l'infestation par les bruches. Selon ces mêmes auteurs, seul le pois chiche présente une résistance de ce type, son tégument rugueux jouant un rôle inhibiteur sur l'oviposition.

La résistance physique peut être liée à la morphologie même des gousses. Ainsi les résultats préliminaires d'un test réalisé au Burkina Faso et concernant 60 variétés indiquent une résistance des gousses de quelques lignées de niébé aux bruches: KVx30-305-3G, Kvx145-27-6, IS86-283N, KN-1, KVx30-G172-1-6K, IT 84S-2246-4, TVx1948-01F. En effet ces lignées ne présentaient aucune perforation des gousses 45 jours après infestation (Dabiré, 1990).

En outre, certaines variétés diffèrent respectivement de la non préférence et de l'émergence des adultes issus des gousses infestées; la résistance des gousses est significativement corrélée avec la résistance des parois des gousses mesurée avec un pénétromètre (Singh et al

.,1997). D'autres variétés peuvent réduire la survie des bruches sur des gousses infestées jusqu'à 1% (Kitch et al ., 1991;cité par B.B.Singh et al .,1997). Ce qui montre bien que les gousses peuvent bien constituer une barrière mécanique pouvant entraver la pénétration et le développement des larves de bruches dans les graines de niébé.

En réalité dans la pratique du stockage du niébé, l'insecte n'est confronté qu'à une seule variété et n'a donc pas le choix . Ce facteur de résistance physique n'a donc que très peu d'intérêt (Nwanze et al .,1975 ;cité par Seck ,1994) .

3 - 2 - 4 - 4 - 2 La résistance biochimique .

Des études biochimiques menées par différents auteurs sur la variété Tvu2027 ont permis d'identifier plusieurs caractéristiques chimiques intervenant dans le mécanisme de résistance du niébé à *C.maculatus* .

Gatehouse et al., (1979) ont montré que la résistance de la variété Tvu 2027 à l'égard de *C.maculatus* est due à une teneur élevée en facteur antitrypsique (teneur supérieure à 0,8%) par rapport à celle présente dans les variétés sensibles (teneur inférieure à 0,5%).

Selon ces mêmes auteurs, cette résistance de nature chimique se traduit par une inhibition du développement des larves sans affecter ni la production d'oeufs ni la pénétration des larves dans les graines. En effet les inhibiteurs de trypsine prélevés sur du niébé résistant et mélangés aux cotylédons d'une variété sensible de niébé Tvu57, réduisaient les chances de survie des oeufs de bruches (Singh & Singh,1992).

Lienard et Seck (1994) rapportent que l'activité antimétabolique des inhibiteurs de trypsine du niébé se manifeste à deux niveaux :

- ∞ ils empêchent l'assimilation des acides aminés soufrés nécessaires en inhibant les protéases de l'insecte et en bloquant ainsi la digestion des protéines;
- ∞ ils bloquent les acides aminés soufrés sous une forme non digestible .

Cependant des études menées en 1989 d'une part par Baker et al., et d'autre part par Xavier-Filho et al., rapporté par Lienard et Seck, (1994) ne montrent aucune corrélation entre la présence d'inhibiteurs tryptiques et la résistance aux bruches .

En effet l'analyse de l'activité des inhibiteurs tryptiques chez TVu 2027 ainsi que sur 9 lignées de sélection résistantes issues de Tv2027 et 5 lignées sensibles n'a révélé aucune différence significative entre elles. Par ailleurs deux cultivars de niébé sensible à la bruche CE-1 et CE-24 se sont révélées avoir une teneur en inhibiteurs de trypsine comparable à celle de la variété résistante TVu 2027. Ce qui indique que l'inhibiteur tryptique ne peut être considéré comme l'unique facteur de résistance aux bruches chez le niébé .

L'identification d'inhibiteurs d' α amylase sur graines de niébé a fait penser à une perturbation du métabolisme de l'amidon suite à un blocage des α amylases intestinales de l'insecte . En effet ceci pourrait expliquer partiellement l'incapacité de *C.maculatus* à se développer sur les graines de céréales où des inhibiteurs d' α amylase sont présents (Lienard et Seck, 1994). Ces mêmes auteurs pensent que L'effet combiné des deux facteurs chimiques de résistance (inhibiteur tryptique et inhibiteur d' α amylase) pourrait expliquer la résistance chimique du niébé à la bruche, mais pas les deux facteurs pris isolément.

La présence de l'arceline (une importante protéine de la graine) dans les espèces sauvages de *Phaseolus vulgaris* a été considéré comme le facteur responsable de la résistance aux bruches du haricot de l'espèce *Zabrotes subfasciatus*. De la même façon, la para-aminophényl alanine présente dans plusieurs espèces sauvages de *Vigna* s'est révélée toxique pour *Zabrotes subfasciatus* et *C. maculatus* (Bich et al., 1986; cité par Singh & Singh, 1992).

La présence de substances hydrosolubles dans le haricot commun joue un rôle fortement inhibiteur sur la croissance larvaire de *C. chinensis* (Singh & Singh, 1992).

Les larves de la bruche du niébé sont sensibles aux inhibiteurs de la cystéine protéinase . Des graines artificielles contenant la E-64, un inhibiteur spécifique de la cystéine protéinase à des doses de -0,02%, réduisent significativement les taux d'accroissement , de développement et de fécondité de *C.maculatus* (Murdock et al., 1988).

La présence d'un glucoside (la vicine) dans les graines de *Vicia faba* est le principal facteur de mortalité de *C. maculatus*; en effet la vicine est hydrolysée par la β -glycosidase intestinale en un aglycone toxique (la divicine) qui a des effets négatifs sur le métabolisme larvaire (Desroches et al., 1997).

Les larves de la bruche du niébé sont sensibles aux inhibiteurs de la cystéine protéinase. Des graines artificielles contenant la E-64, un inhibiteur spécifique de la cystéine protéinase à des doses de 0,02 %, réduisent significativement le taux d'accroissement, de développement et de fécondité de *C. maculatus* (Murdock, et al., 1988).

La présence d'un glucoside (la vicine) dans les graines de *Vicia faba* est le principal facteur de mortalité de *C. maculatus*; en effet la vicine est hydrolysée par la β -glucosidase intestinale en un aglycone toxique (la divicine) qui a des effets adverses sur le métabolisme larvaire (Desroches et al., 1997).

Xavier Fihlo et son équipe (1996) pensent que la base biochimique de la résistance des graines de niébé à la bruche *C. maculatus* serait liée à l'accumulation de la viciline dans les protéines. Le mécanisme de résistance s'est trouvé être lié à la baisse de digestibilité de différentes vicilines présentes dans les graines de niébé résistantes par des enzymes protéolytiques de l'intestin de l'insecte.

Par ailleurs, Lienard et Seck (1994) rapportent que la résistance de la variété Tvu 2027 peut être surmontée par l'apport d'acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) déficients chez le niébé. Cette affirmation repose sur l'hypothèse selon laquelle la résistance dépendrait de la disponibilité en éléments nutritifs pour la larve en croissance.

Toutes ces études montrent que la résistance aux bruches peut bien dépendre d'un facteur chimique, mais le seul problème posé reste l'explication réelle du vrai mécanisme de résistance.

3-2-4-4-3 Lagénétique de la résistance à la bruche .

Selon Adjadi et al. (1985), le caractère de résistance aux bruches est hérité de deux gènes récessifs notés *rcml rcml rcm2 rcm2* et cette résistance est contrôlée par le génotype du plant maternel et non par le génotype de la graine .

Redden *et al.*, (1983) relèvent que les effets cytoplasmiques ne sont pas importants, la résistance est conditionnée par des gènes majeurs avec une présence de gènes modifiée et que les inhibiteurs de trypsine sont associés à la résistance .

La résistance conférée par *rcm1* et *rcm2* conduit à un temps de développement retardé et réduit l'émergence des adultes de *C. maculatus* (Singh & Singh, 1990)

D'autres auteurs ont montré que les populations de *C. maculatus* peuvent surmonter la résistance des gènes dans TVu 2027 quand elles sont élevées sur ses graines pendant plusieurs générations (Singh *et al.* ,1997).

Rusoke et Fantula (1987) pensent que la résistance des graines est contrôlée par deux gènes récessifs non liés et des facteurs cytoplasmiques alors que celle des gousses est contrôlée par des facteurs cytoplasmiques et un gène partiellement dominant.

Des tests alléliques ont montré que les gènes responsables du caractère de résistance étaient les mêmes chez Tvu2027, Tvu11952, Tvu 11953 (Singh & Singh, 1992).

Certes la résistance des graines constitue un outil précieux contre *C. maculatus* mais elle doit être maniée avec prudence pour éviter le développement rapide d'un biotype de bruche virulent à la TVu2027, à la TVu11952 ou à la TVu11953. En effet la résistance même de la TVu2027 a été remise en cause après la sélection récente d'un biotype virulent à la TVu2027, ce biotype a été découvert au Niger. La sensibilité de cette variété à l'égard de la souche de *C. maculatus* du Niger était la même que celle connue comme étant sensible au Niger : CB5 (Shade *et al.*, 1996).

3 - 3 Les acquis de la recherche sur la résistance variétale du niébé à la bruche au Sénégal.

Une évaluation de la résistance des graines de variétés indigènes et introduites de niébé à l'égard de *C. maculatus* en condition contrôlée a été menée par Seck *et al.* (1992) .

Ce travail a permis de mettre en évidence des différences significatives entre variétés après étude de certains paramètres biologiques (taux de ponte , taux de survie , % de dégâts occasionnés). Elle a aussi révélé une extrême sensibilité à *C. maculatus* des principales

variétés cultivées au Sénégal à savoir : 58-57, Bambey-21 et Mougne. Parmi les variétés introduites, supposées résistantes au bruche, testées dans les mêmes conditions, (IT 84 D-449, IT 85-2205, KVx-G 246-2-5-K, IT 84 D-448 et IT 81 D-1007) ont montré de moindres dégâts. A l'inverse d'autres entrées comme IT 81D-1137 et IT 84D-449 se sont avérées sensibles à la souche sénégalaise de *C. maculatus*. Une lignée avancée de l'ISRA, la IS 86-275 aujourd'hui connue sous le nom de « Mouride » et qui 'dérive du croisement entre la 58-57 et l'IT 81D-1137, avait montré un très bon comportement vis à vis de *C. maculatus*. Le criblage de 80 autres variétés du Sénégal, toujours en rapport avec l'étude de la résistance du niébé à la bruche avait montré des différences très significatives quant à la sensibilité ou non aux bruches de ces variétés (Seck, 1992).

Ces résultats forts encourageants indiquent que la recherche d'une résistance variétale du niébé contre la bruche, ouvre de larges perspectives à la lutte intégrée contre les insectes des denrées stockées en Afrique.

3.4 Les *difficultés* du criblage.

Hormis le criblage systématique qui a été fait en 1992 par Seck et son équipe, aucune autre étude n'a été signalée au Sénégal sur la résistance variétale du niébé à la bruche *C. maculatus*. Cette lacune s'explique probablement par les contraintes généralement rencontrées dans la conduite de telles expérimentations.

Ces difficultés essentiellement d'ordre technique sont liées à la méthode de criblage elle-même qui demande beaucoup de temps avant obtention de résultats. Ce délai est fonction de la durée de vie de l'insecte sur la graine (cycle un peu long 25 à 30j). En outre la durée du cycle de vie de l'insecte limite l'utilisation d'un grand nombre de variétés pour la recherche de la source de résistance. Enfin elle est (pénible en ce sens qu'elle requiert un grand nombre de répétitions et plusieurs observations pour prétendre à des résultats fiables.

CONCLUSION.

Le niébé occupe une place très importante dans l'alimentation des populations rurales d'Afrique sahélienne en raison de sa valeur alimentaire. L'importance des dégâts causés par la bruche *C. maculatus* sur les graines stockées justifie l'utilisation des différentes méthodes de lutte parmi lesquelles la résistance variétale.

PARTIE **EXPERIMENTALE**

MATER1 EL & METHODES

1. Matériel végétal

Le matériel végétal testé est constitué de vingt entrées. Quinze d'entre elles proviennent de l'Institut International d'Agriculture tropicale (IITA); composés de quatorze lignées « Bruchid-Resistant » et d'une lignée sensible. Le matériel de l'IITA a été gracieusement envoyé par le Dr B B Singh, sélectionneur principal du niébé à l'IITA et chef de la station de Kano (Nigeria). Les cinq dernières provenant du Sénégal, sont composées de trois variétés locales (Ndiasiw, Ndiaga Aw, Wolette) cultivées dans la région de Louga et de deux variétés améliorées (Mélakh et Mouride) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (CNRA). La Mélakh ou B89-504N est issue du croisement entre la 292N et l'IT83S-742-13. La Mouride connu sous le sigle de IS86-275 provient du croisement entre la 58-57 et l'IT81D-1137.

Avant leur utilisation, les graines ont été triées, mises dans des sachets sous vide et conservées à une très basse température (-10°C) pour éliminer toute infestation cachée. Elles ont été utilisées pour les expérimentations après une stabilisation à la température ambiante du laboratoire.

Les 20 entrées testées ont été codifiées, en affectant à chacune un numéro qui a été conservé durant toute la durée de l'expérience. Ainsi, LN représente les lignées provenant du Nigéria (IITA) et LS celles d'origine sénégalaise (cf. listing des 20 lignées) .

Numéro d'ordre	Dénomination	Code	Poids de 5graines (g)	Comportement"
1	IT81D-994	LN1	1,2	RH
2	IT82D-716	LN2	0,7	RB
3	IT84S-2246-4	LN3	0,7	RH
4	IT89KD-288	LN4		RB
5	IT89KD-245	LN5	1,1	RB
6	IT89KD-349	LN6	0,7	RI3
7	IT90K-59	LN7	0,8	RI3
8	IT90K-76	LN8	0,7	RI3
9	IT90K-277-2	LN9	0,8	RI3
10	IT93K-596	LN10	0,9	RI3
11	IT93K-440-3	LN11	0,9	RB
12	IT93K-573	LN12	0,7	RB
13	IT96D-757	LN13	0,8	RB
14	IT96D-666	LN14	1	RB
15	Danila	LN15	0,9	SB
16	Mélakh	LS1	1	SB
17	Mouride	LS2	0,8	RB
18	Ndiasiw	LS3	1,3	I
19	Ndiaga Aw	LS4	1	I
20	Wolette	LS5	0,5	I

* = Présomption de résistance vis-à-vis de *C. maculatus* (RB = Résistante à la Bruche ; SB = Sensible à la Bruche ; I = Inconnu)

Tableau 3 : Codification du matériel végétal testé.

2. Matériel biologique

La souche de *C. maculatus* (F.) qui a été utilisée dans les tests d'infestation, est maintenue en élevage sur deux variétés sensibles (Mélakh et Bambey 21) dans les conditions de Température de $30 \pm 2^\circ\text{C}$ et d'humidité relative $70 \pm 5 \%$. Il s'agit d'adultes de bruches de forme non voilière, très fécondes et faciles à manipuler.

3. Evaluation de la résistance *variétale* par la méthode classique de criblage

Cinq graines de chaque entrée sont infestées en cinq répétitions avec trois adultes (un mâle et deux femelles) âgés de 24 heures dans des boîtes cubiques de volume 17cm³. Chaque traitement (variété) est associé à un témoin adjacent non infesté, permettant de corriger les paramètres observés dans les formules utilisées.

Une semaine après infestation, les adultes sont retirés des boîtes et on compte le nombre d'oeufs par graine. Pratiquement, tous les adultes étaient morts au moment du retrait.

Sur la base du nombre total d'insectes sortis de chaque variété et du nombre d'oeufs pondus sur les graines, différents paramètres sont calculés, à savoir :

- le pourcentage de réussite du développement de *C.maculatus* pour chaque lignée donné par la formule suivante:

$$\% \text{ de survie} = \frac{\text{nbre d'adultes émergés} \times 100}{\text{nbre d'oeufs total}}$$

- le pourcentage de graines attaquées (PA) sur la base des trous d'émergences de l'insecte ,

$$\text{PA}(\%) = \frac{\text{nga} \times 100}{\text{nga} + \text{ngs}}$$

nga = nbre de graines attaquées et ngs = nbre de graines saines

- le pourcentage de perte en poids résultant des dégâts de *C.maculatus*

$$\text{perte} (\%) = \frac{(\text{Poids initial} - \text{poids final}) \times 100}{\text{poids initial}}$$

A partir du 22^{ième} jour jusqu'au 42^{ième} jour après l'infestation, les adultes F1 ayant émergé dans chaque boîte sont enregistrés quotidiennement et retirés des boîtes.

4. Dispositif expérimental *et outils* statistiques

Le dispositif expérimental est une randomisation totale à deux facteurs étudiés: variété et traitement (souche de *C.maculatus*) avec cinq répétitions.

Toutes les données ont été traitées à l'aide du logiciel STATITCF. Le test F permet la comparaison des différents niveaux de facteurs étudiés; s'il existe des différences significatives entre eux ($P < 5\%$) et le test de Newman-Keuls au seuil de 5% (test d'homogénéité) fait ressortir les groupes homogènes et permet de classer les différentes entrées dans l'ordre d'intérêt croissant pour les critères étudiés (c'est à dire le niveau de résistance).

5. Etude de la compétition *larvaire*

Compte tenu du nombre d'oeufs pondus par graine (jusqu'à 20 œufs), nous avons tenté de vérifier l'existence ou non d'une compétition larvaire en fonction de la taille des graines et des variétés de niébé.

- Matériel et Méthodes :

Ainsi 70 graines ont été infestées avec 30 femelles et 15 mâles âgés de 24 heures ; 24 heures après, nous avons prélevé des lots successifs de 5 graines portant 5 à 10 œufs par lignée avec 3 répétitions pour chaque traitement.

48 heures après, le même travail a été fait mais en ne laissant que 15 et 20 œufs par lot de 5 graines à raison de 3 répétitions.

Ces différents niveaux de traitement avec chacun 3 répétitions par lignée ont été laissés en élevage dans des boîtes de pétri jusqu'au début des premières émergences. Les émergences journalières sont observées comme précédemment. Les données ont été soumises à une ANOVA, suivie d'une comparaison multiple de moyenne pour démontrer la présence ou l'absence de compétition larvaire.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Nombre d'œufs sur les graines de 20 entrées de niébé

L'observation des résultats du tableau 4 montre que le nombre d'œufs pondus sur les graines varie de 54 pour la lignée LN3 (IT84S-2246-4) à 125,8 œufs pour la lignée LN12 (IT93K-573). L'analyse de la variance des données ne met en évidence aucune différence significative entre les entrées testées (test de Newman & Keuls au seuil de 5 %).

En effet, la lignée LN9 (IT90K-277-2) qui s'est montrée relativement résistante à un nombre d'œufs sur graines supérieur (63,2) à celui observé sur la lignée LN3 (moyennement résistante).

Entrées	Code	Nbre d'œufs sur les graines*
IT93K-573	LN12	125,8
Mélakh	LS1	112,8
IT82D-716	LN2	105,8
IT96D-757	LN13	100,4
IT81D-994	LN1	94,4
Mouride	LS2	95,8
IT90K-59	LN7	89,0
IT90K-76	LN8	88,4
IT89KD-245	LN5	86,6
IT96D-666	LN14	79,2
IT89KD-349	LN6	76,0
Danila	LN15	72,8
IT89KD-288	LN4	72,6
IT93K-596	LN10	69,8
IT93K-440-3	LN11	69,2
Ndiaga Aw	LS4	66,4
Ndiassiw	LS3	66,0
IT90K-277-2	LN9	63,2
Wolette	LS5	57,6
IT84S-2246-4	LN3	54,0

Tableau 4 - Nombre d'œufs pondus par les femelles de *C. maculatus* sur les graines de 20 entrées de niébé

2. Répartition des œufs sur graines et sur supports

L'observation de la répartition de la ponte montre que le nombre d'œufs pondus par les femelles est en moyenne deux fois plus important sur les graines (82,5) que sur les parois (41,1) des boîtes de pétri. L'analyse statistique des données montre des différences hautement significatives entre les deux supports (Test de Newman Keuls au seuil de 5 %). Ces résultats sont davantage illustrés par la figure 2 pour les différentes entrées testées.

3. Le nombre d'adultes émergents de la descendance F_1

L'observation des émergences de la descendance F_1 , montre que le nombre d'adultes varie de 35 pour la lignée LN11 (IT93K-440-3) à 4,3 adultes seulement pour LN9 (IT90K-277-2). L'analyse de la variance des données met en évidence des différences hautement significatives entre les entrées testées (tableau 5).

Entrées	Code	Nombre d'adultes F_1^*
IT93K-440-3	LN11	35 a
Mélakh	LS1	35 a
Danila	LN15	34,3 a
Ndiassiw	LS3	32,6 ab
Ndiaga Aw	LS4	31 ab
IT93K-596	LN10	30 ab
IT82D-716	LN2	28 a-c
IT93K-573	LN12	27,6 a-c
IT89KD-349	LN6	26 b-d
IT96D-757	LN13	22 c-e
IT81D-994	LN1	22 c-e
IT89KD-288	LN4	20,1 d-e
Wolette	LS5	20 d e
IT96D-666	LN14	19 d e
Mouride	LS2	15 e f
IT90K-76	LN8	11,5 f
IT89KD-245	LN5	10,4 fg
IT84S-2246-4	LN3	10,3 fg
IT90K-59	LN7	9,5 f g
IT90K-277-2	LN9	4,3 g

* Dans une même colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau 5 % (Test de Newman & Keuls).

Tableau 5 : Population de la descendance F_1 , de *C. maculatus* sur 20 entrées de niébé

4. Le comportement des adultes *émurgents* en F_1 selon les entrées testées

L'observation du rythme d'émergence des adultes de la descendance F_1 de *C. maculatus* montre un profil et une amplitude variables en fonction des entrées.

Les lignées les plus sensibles sont caractérisées par une dynamique d'émergence à amplitude maximale très précoce ; la quasi totalité des adultes F_1 sortant dès les cinq premiers jours.

Ceci est valable aussi bien pour les mâles que pour les femelles. A partir de 15^{ème} au 18^{ème} jour, on observe une réduction significative, voire un arrêt complet des émergences.

Ce comportement était valable aussi bien par période de 5 jours que sur une durée globale de 20 jours (cf. Figures 3 et 4).

Figures 3 : Emergences des adultes F₁ selon le sexe à différentes périodes pour 20 lignées testées

IT81D-994

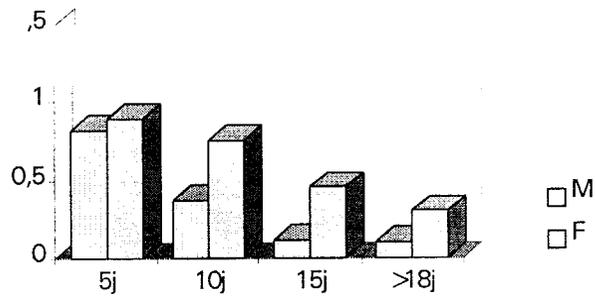


Figure 3a

IT82D-716

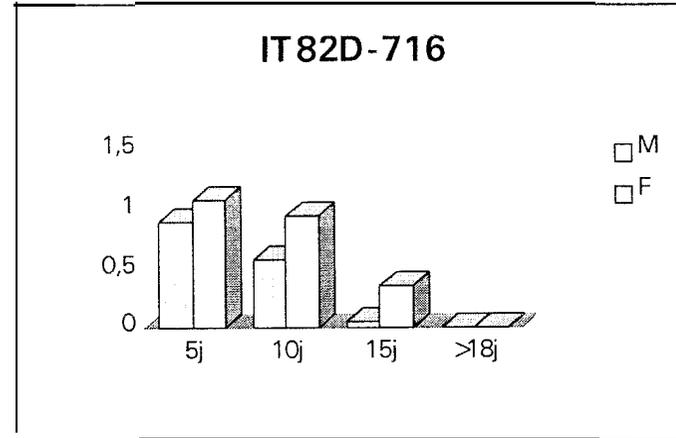


Figure 3b

IT04C 224C 4

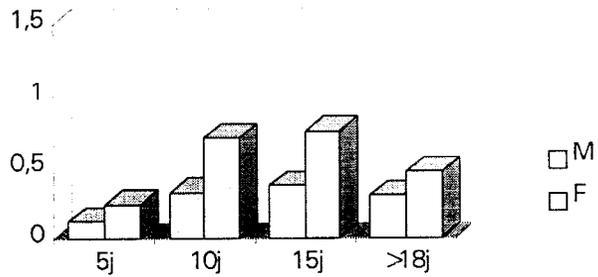


Figure 3c

IT00KD 228

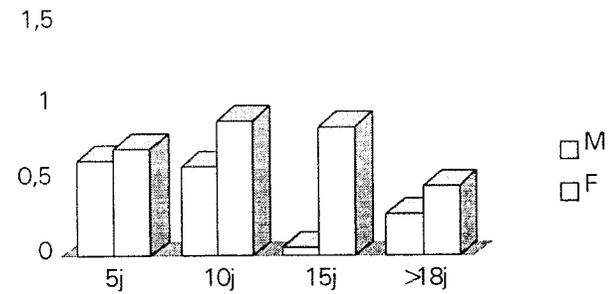


Figure 3d

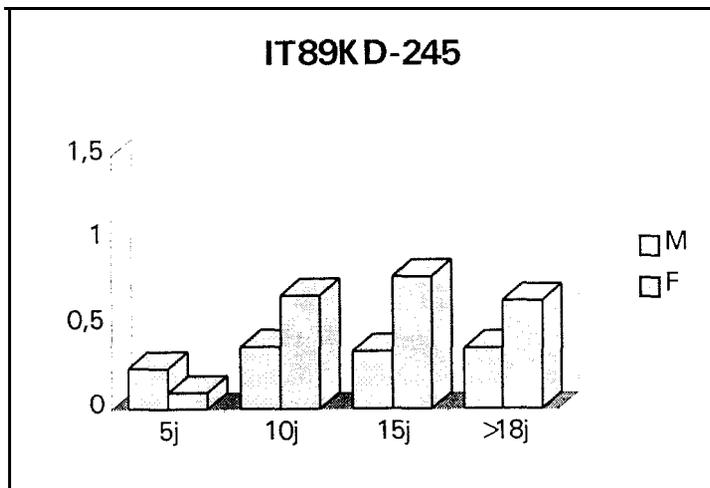


Figure 3e

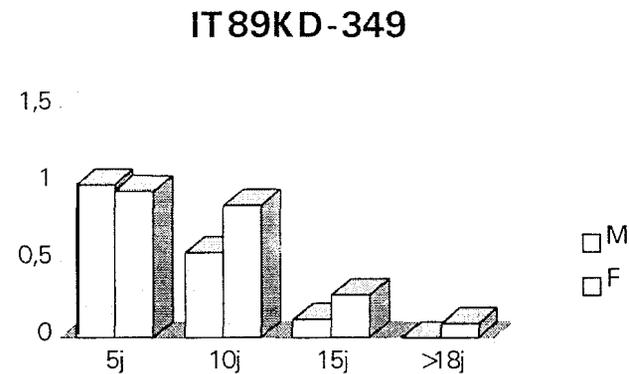


Figure 3f

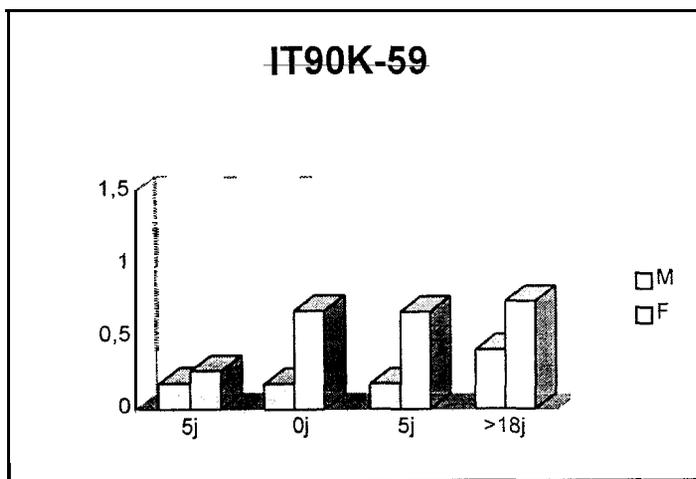


Figure 3g

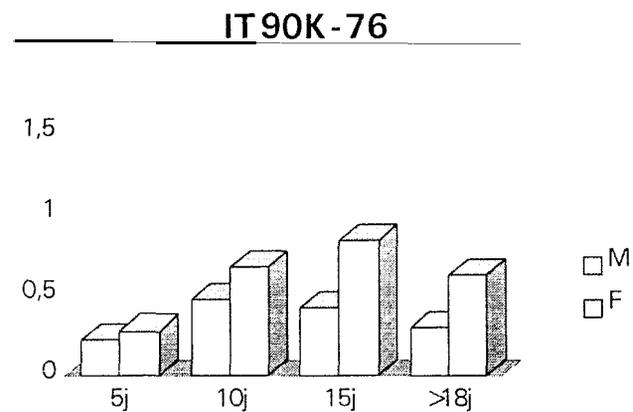


Figure 3h

IT 90K-277-2

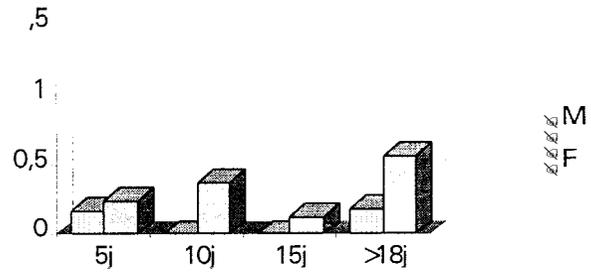


Figure 3i

IT 93K-596

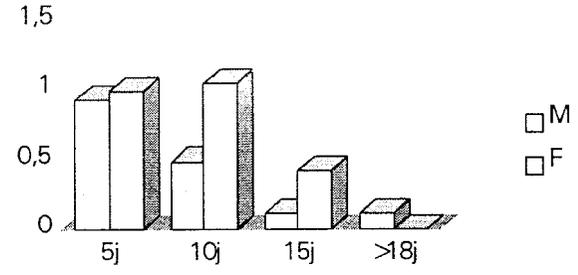


Figure 3j

IT 93K-440-3

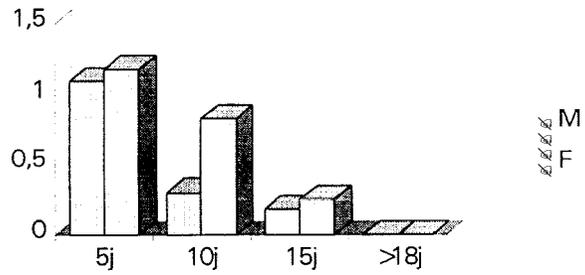


Figure 3k

IT 93K-573

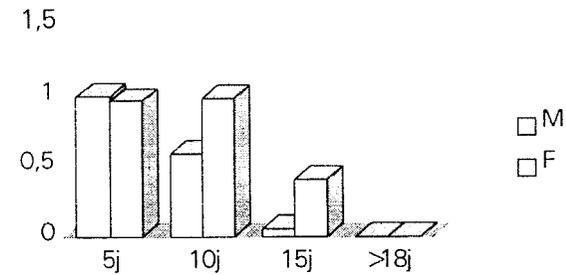


Figure 3l

IT96D-757

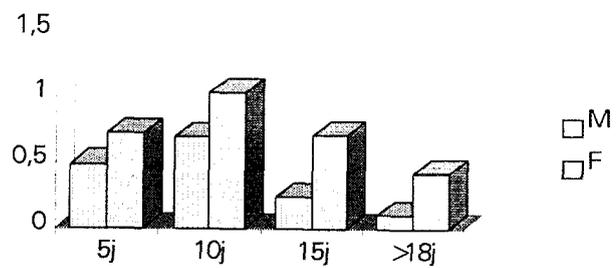


Figure 3m

IT96D-666

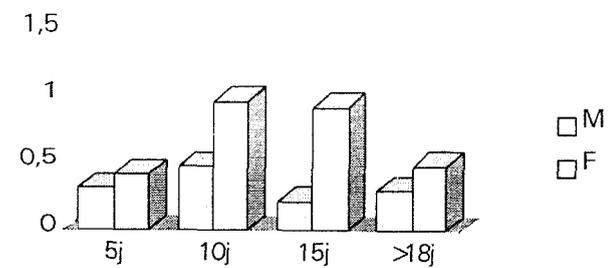


Figure 3n

Danila

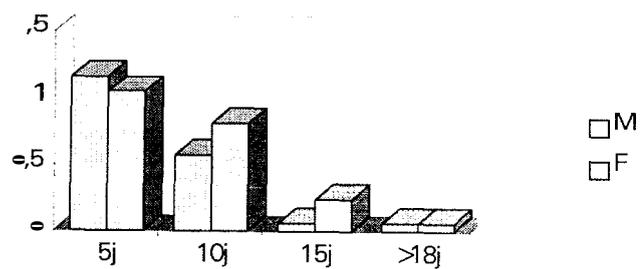


Figure 3o

Mélakh

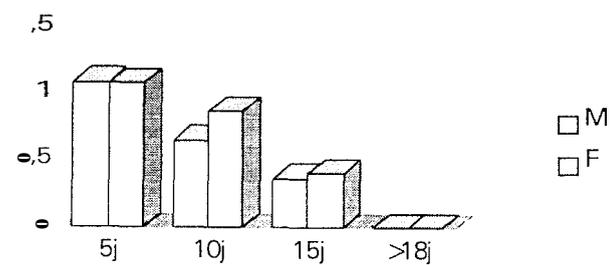


Figure 3p

Mouride

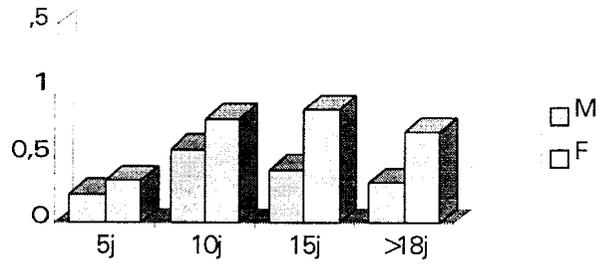


Figure 3q

Ndiasiw

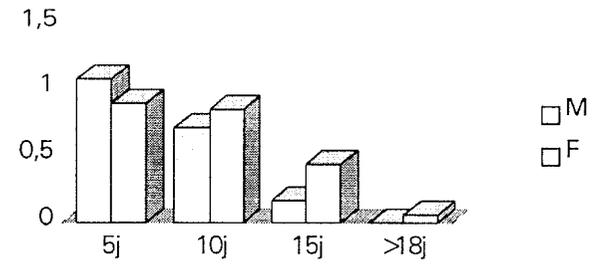


Figure 3r

Ndiaga Aw

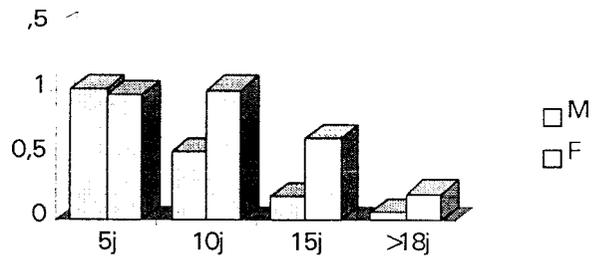


Figure 3s

Wollette

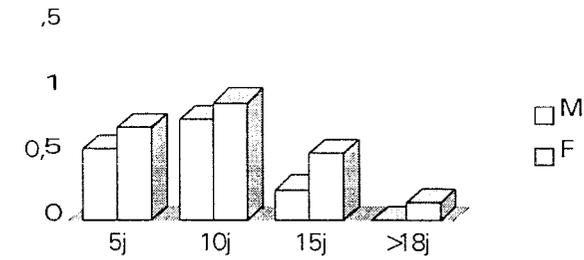


Figure 3t

Figures 4 : Rythme d'émergences journalières des adultes F_1 sur 20 lignées testées

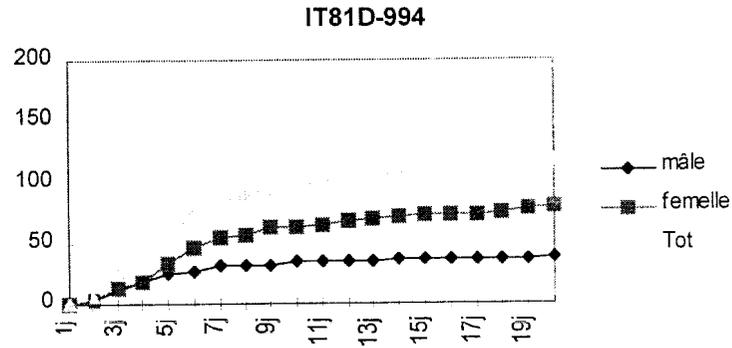


Figure 4a

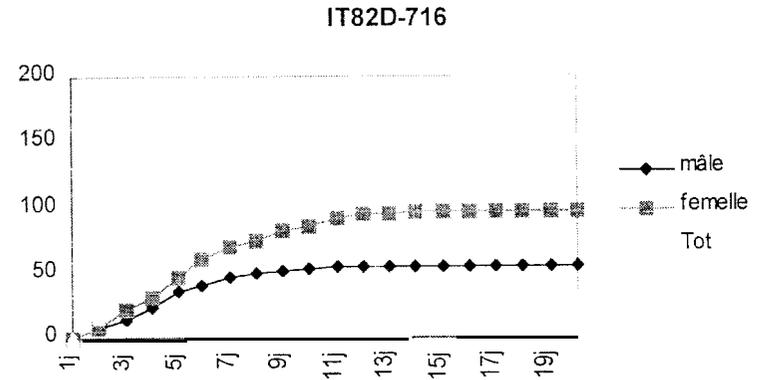


Figure 4b

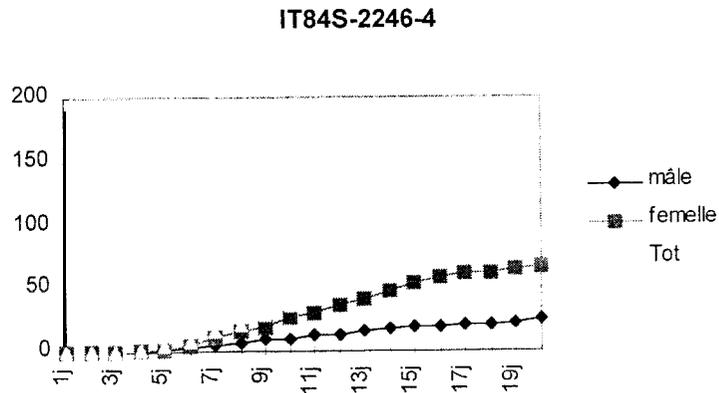


Figure 4c

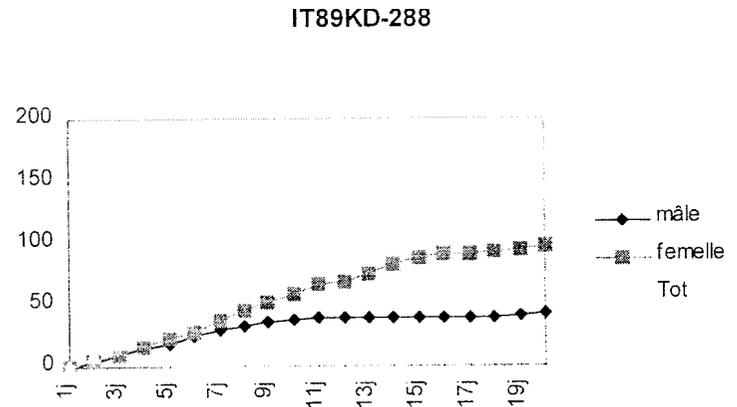


Figure 4d

IT89KD-245

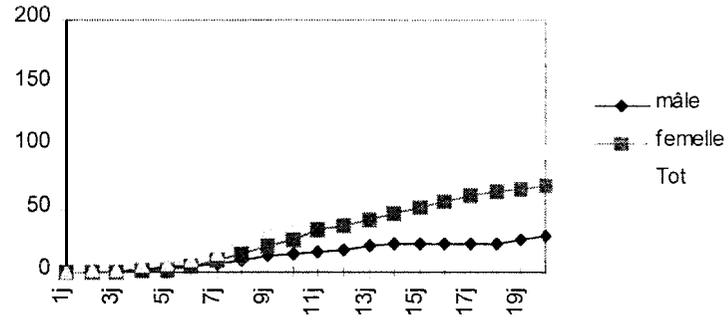


Figure 4e

IT89KD-349

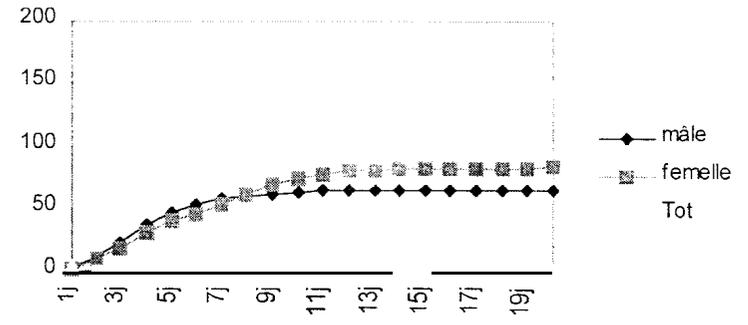


Figure 4f

IT90K-59

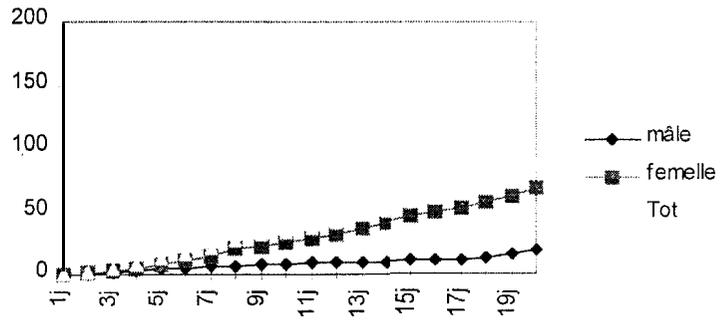


Figure 4g

IT90K-76

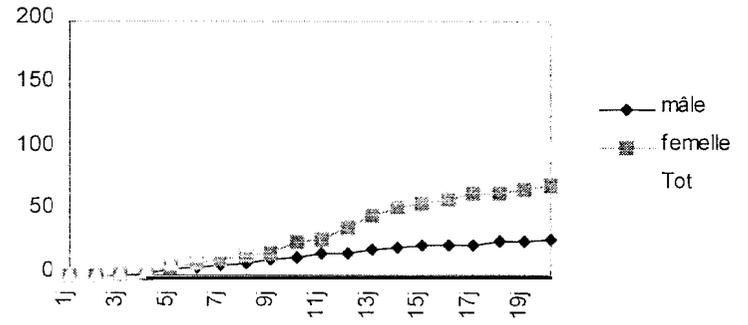


Figure 4h

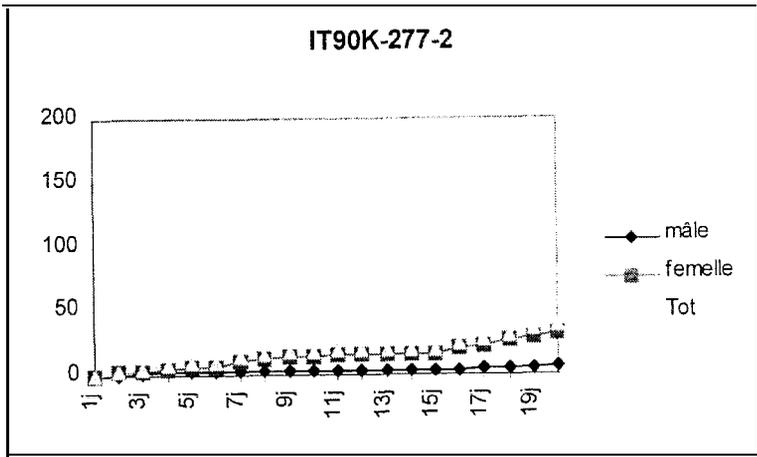


Figure 4i

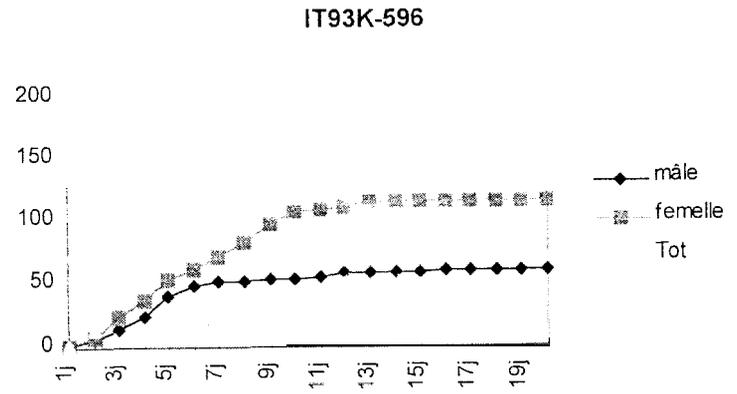


Figure 4j

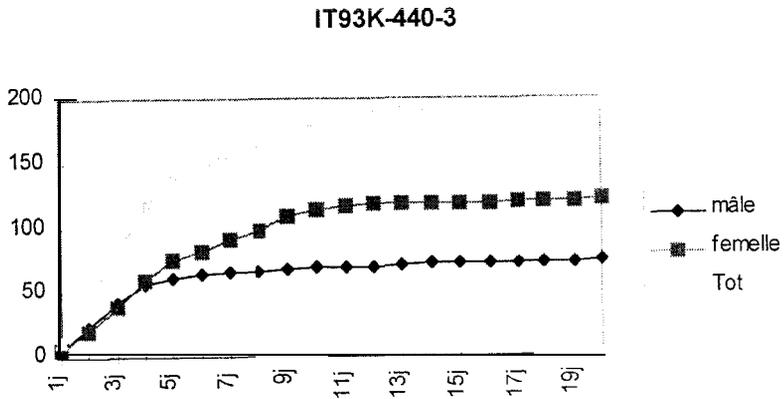


Figure 4k

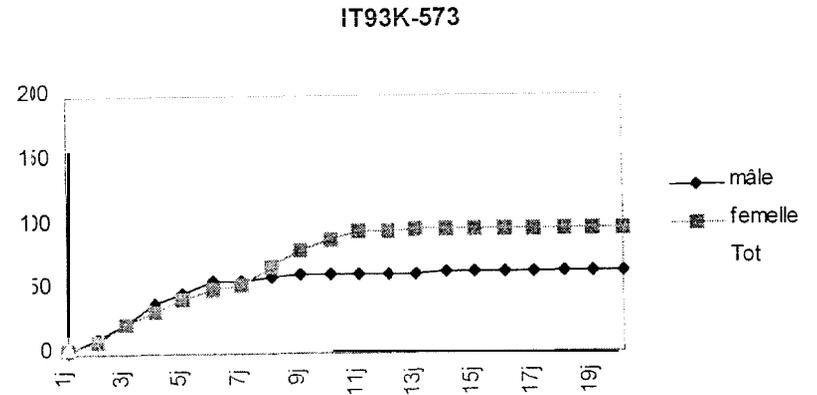


Figure 4l

T96D-757

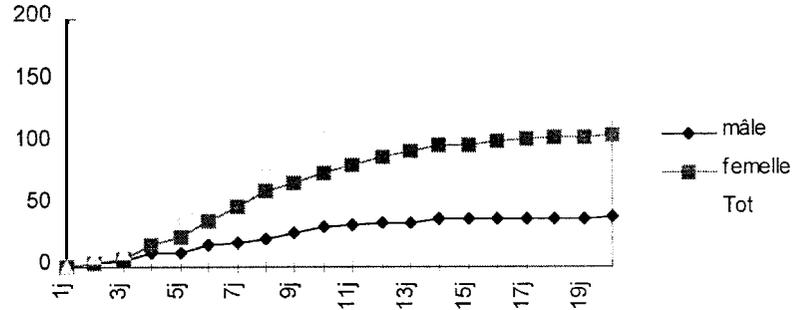


Figure 4m

IT96D-666

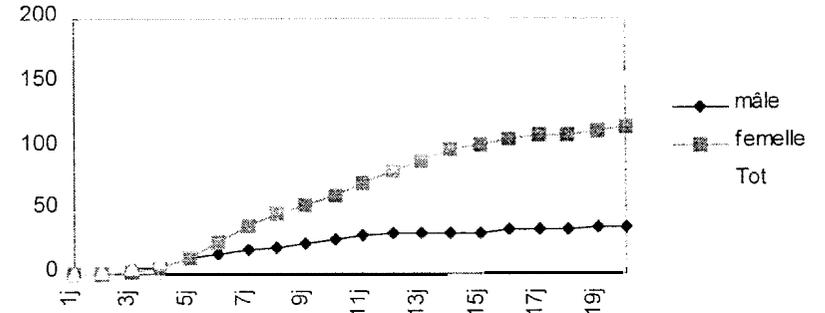


Figure 4n

Danila

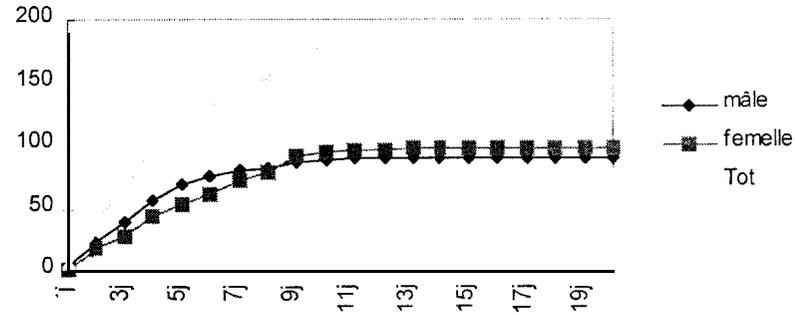


Figure 4o

Mélakh

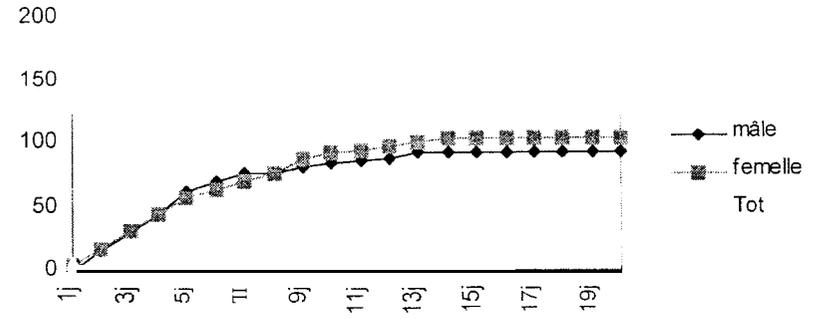


Figure 4p

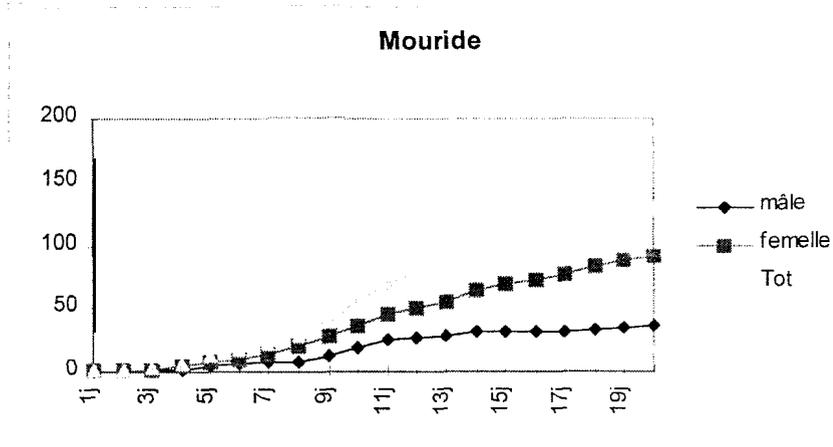


Figure 4q

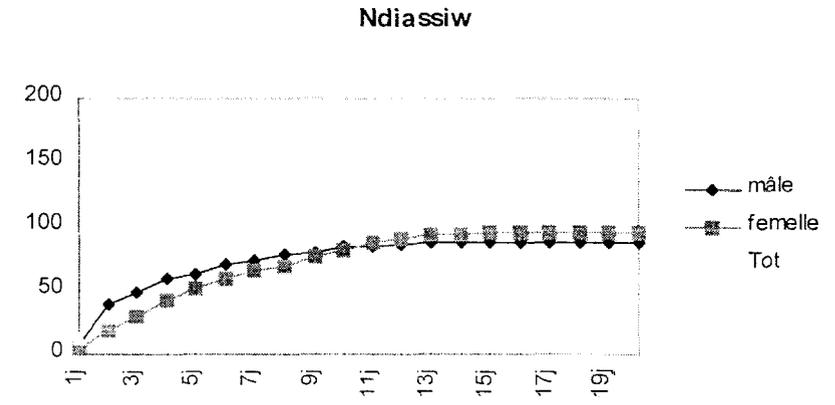


Figure 4r

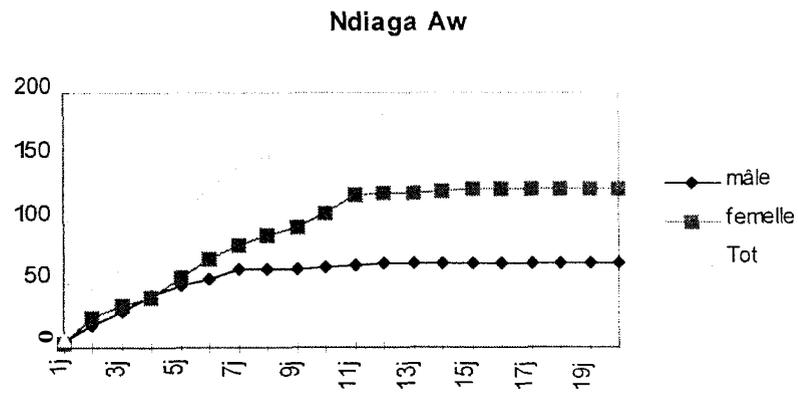


Figure 4s

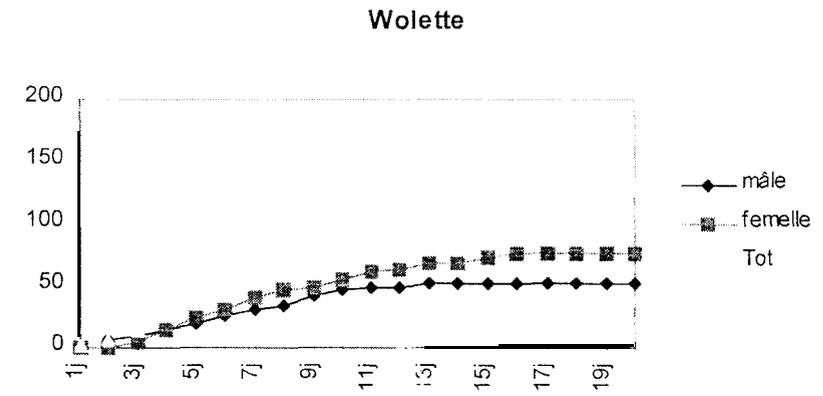


Figure 4t

5. Evaluation des dégâts occasionnés par *Callosobruchus maculatus* sur les graines

L'observation des dégâts de la descendance F₁ de *Callosobruchus maculatus* montre que le niveau d'attaque des graines varie de 36 % pour la lignée LN9 (IT90K-277-2) à 100 % pour la moitié des lignées testées (tableau 6).

Entrées	Code	% de graines attaquées*
IT93K-573	LN12	100 a
IT96B-757	LN13	100 a
IT93K-596	LN10	100 a
IT93K-440-3	LN11	100 a
IT90K-76	LN8	100 a
IT82D-716	LN2	100 a
Wolette	LS5	100 a
Ndiaga Aw	LS4	100 a
Mélakh	LS1	100 a
Danila	LN15	100 a
IT90K-59	LN7	96 a
Mouride	LS2	96 a
IT89KD-349	LN6	92 a
Ndiassiw	LS3	92 a
IT96D-666	LN14	88 a
IT84S-2246-4	LN3	88 a
IT89KD-245	LN5	84 a
IT89KD-288	LN4	84 a
IT81D-994	LN1	80 a
IT90K-277-2	LN9	36 b

*Dans une même colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau 5 % (Test de Newman & Keuls).

Tableau 6 - Dégâts de *Callosobruchus maculatus* sur les graines de 20 entrées de niébé

6. Evaluation des pertes en poids de graines

L'observation des résultats sur la perte en poids résultant du développement de la descendance F, de *Callosobruchus maculatus* montre que le % de perte varie de 21,6 pour la lignée LN9 (IT90K-277-2) à 63,2 % pour la lignée LN11 (IT 93K-440-3). L'analyse de la variance des données met en évidence des différences hautement significatives entre les entrées (tableau 7). Plus de la moitié des lignées testées (13) montrent des pertes en poids $\geq 48,2$ % ; d'autres (moins de la moitié : 9 lignées) montrent une valeur oscillant de 36,4 à 43,6 %. Une seule lignée parmi les 20 entrées testées a montré une faible perte 21,6 %.

Entrées	Code	* % de pertes en poids
IT 93K-440-3	LN11	63,2 a
IT 93K-573	LN12	60,6 a
Mélakh	LS1	58,8 a
IT 82D-716	LN2	58,4 a
IT 96D-757	LN13	55,4 a
Danila	LN15	54,8 a
IT 89KD-349	LN6	54,4 a
IT 90K-76	LN8	54,2 a
IT 93K-596	LN10	53,4 a
Mouride	LS2	52,4 a
IT 96D-666	LN14	49,8 a
Wolette	LS5	49,2 a
Ndiaga Aw	LS4	48,2 a
Ndiassiw	LS3	43,6 a b
IT 90K-59	LN7	43 a b
IT 89KD-288	LN4	42,2 a b
IT 89KD-245	LN5	37 a b
IT 81D-994	LN1	37 a b
IT 84S-2246-4	LN3	36,4 a b
IT 90K-277-2	LN9	21,6 b

* Dans une même colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau 5 % (Test de Newman & Keuls).

Tableau 7 • Pourcentage de pertes en poids des graines de 20 entrées de **niébé**

7. Evaluation de La survie de *Callosobruchus maculatus* dans les graines

L'observation des résultats sur le taux de réussite du développement de la descendance F₁ de *C. maculatus* en fonction des entrées, montre des valeurs variant de 15 % pour la lignée LN9 (IT90K-277-2) à 65,6 % pour la variété locale N'diassi. L'analyse de la variance des données met en évidence des différences hautement significatives entre les entrées (tableau. 8).

Entrées	Code	% de réussite*
Ndiassi	LS3	65,6 a
Danila	LN15	63,4 ab
Ndiaga Aw	LS4	63 ab
IT93K-596	LN10	61,4 ab
IT93K-440-3	LN11	58,8 a-c
Wolette	LS5	51 a-d
IT89KD-288	LN4	42 a-e
IT89KD-349	LN6	39,8 a-e
Mélakh	LS1	38,2 a- e
IT96D-666	LN14	36,2 a-e
IT84S-2246-4	LN3	32,8 b-e
IT81 D-994	LN1	31,2 b- e
IT96D-757	LN13	31,2 b-e
IT82D-716	LN2	30,4 b-e
Mouride	LS2	30,4 b- e
IT93K-573	LN12	26,6 c-e
IT90K-76	LN8	24,4 de
IT89KD-245	LN5	22,2 de
IT90K-59	LN7	19,4 de
IT 90K-277-2	LN9	15 e

* Dans une même colonne, les moyennes suivies par *la même* lettre ne *sont pas* significativement différentes (probabilité au niveau 5 % (l'est de Newman & Keuls)).

Tableau 8 - Pourcentage de réussite du développement de *Callosobruchus maculatus* sur des graines de 20 entrées de niébé

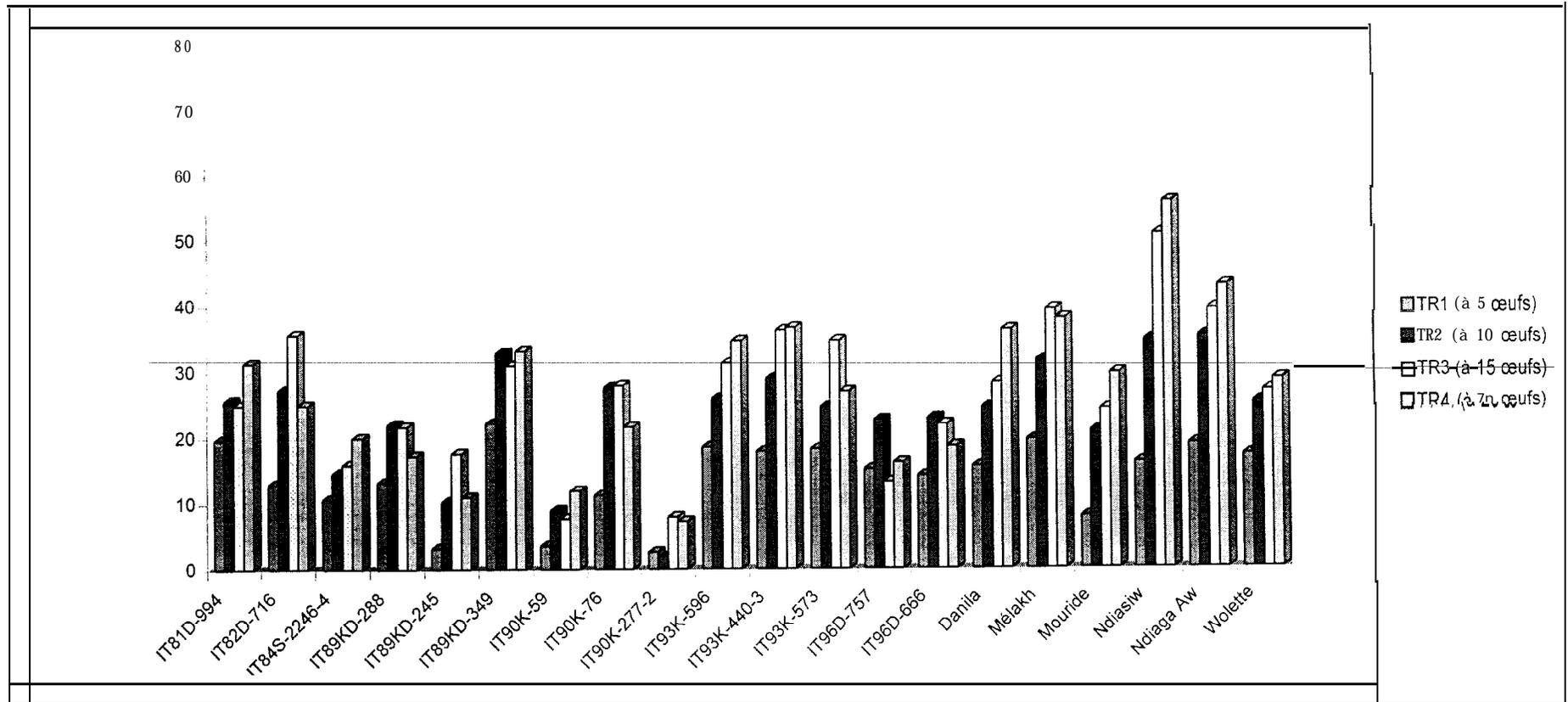


Figure Evolution des émergences de 20 lignées en fonction du niveau d'infestation des graines

1. La Ponte sur les g-ruines

L'analyse des résultats sur la ponte montre que pour toutes les lignées testées, plus d'oeufs sont pondus sur les graines que sur les parois des boites, en accord avec ceux de Singh et Singh (1992). Même pour IT 90K-277-2, apparue la plus résistante, la proportion des œufs déposés sur les graines représente 55% de la ponte totale des femelles de *C. maculatus*. Ce comportement des femelles (placées dans des conditions de non choix) pourrait s'expliquer par un instinct de déposer les œufs sur le substrat permettant de perpétuer la progéniture de l'espèce (Nwanze et al., 1986 ; cité par Seck, 1994).

2. Les émergences de la descendance F_1

L'observation du rythme d'émergence journalière sur une durée de 20 jours nous a permis de voir le comportement de chaque lignée vis-à-vis de *C. maculatus*. Les lignées les plus sensibles comme la LN11 (IT 93 K - 440 - 3), LN10 (IT 93 K - 596), LN15 (Danila), LS1 (Mélakh) ont pu être distinguées très nettement de la lignée la plus résistante, la LN9 (IT 90 K - 277 - 2) en montrant une émergence relativement précoce, dès les cinq premiers jours. A l'inverse, la lignée la plus sensible est caractérisée par des émergences retardées, irrégulières et lentes, d'insectes adultes, ce qui corrobore les résultats de Singh & Singh (1992). L'observation d'émergences sur toutes les lignées, y compris même celles dites "Bruchid Resistant" confirme le caractère relatif de la notion de résistance et l'importance de la souche utilisée dans son appréciation [(Redden et al., (1983) ; Dickson et Credland (1984) ; Lienard et Seck, (1994)].

Le niveau de sensibilité des lignées vis-à-vis de *C. maculatus* a été testé sous un autre angle, en mesurant cette fois-ci, l'interaction entre lignée, le nombre d'émergences et le sexe selon des séquences de périodes de 5 jours. L'étude de cette interaction a montré des différences très hautement significatives entre facteurs étudiés et a permis d'aboutir à des conclusions sectorielles par période de 5 jours sur l'évolution des émergences selon le sexe. Globalement, pour l'ensemble des lignées, l'émergence des femelles était plus importante que celle des mâles, sauf pour la lignée relativement plus résistante où elle était moindre.

Les résultats obtenus laissent supposer que la proportion des mâles par rapport aux femelles pourrait être un critère d'appréciation de la virulence d'une souche sur un hôte donné. En d'autres termes, la sensibilité relative observée sur 13 parmi les 14 lignées "Bruchid -

Resistant” de l'IITA pourrait laisser supposer que la (les) souche (s) nigérienne (s) de *C. maculatus* soit (ent) moins virulente (s) que notre souche du laboratoire.

Shade et al., (1996) ont montré l'apparition d'un biotype virulent à la TVU 2027, la seule source de résistance jusqu'ici connue. Ce 1 pourrait d'ailleurs expliquer la sensibilité observée chez les lignées de l'IITA classées de « Bruchid Resistant ».

Par ailleurs, la résistance relative des lignées testées vis-à-vis de *C. maculatus*, notamment la plus grande résistance de IT 90K-277-2 pourrait être lié à une teneur variable en éléments chimiques des graines comme les inhibiteurs de trypsine, de protéases, d' α -amylases (Gatehouse et al. (1975 ; Xavier - Filho et al., (1989) ; Singh & Singh, (1992) ; Lienard et Seck, (1994) ; .

3. Evaluation de pourcentages de **graines attaquées** et de leur-perte en poids

Les résultats obtenus pour ces deux paramètres confirment les données sur les émergences et montrent un meilleur comportement de IT QOK-277-2 par rapport à toutes les autres lignées et variétés testées.

4. **Evaluation** de la survie de *C. maculatus* sur les **différentes** entrées

La prise en compte de ce paramètre permet de voir la survie ou non des larves tout juste après l'éclosion des œufs ; lesquelles vont évoluer pour donner plus tard des adultes. Ainsi sur cette base, une variété présentant un gène de résistance intéressant ou non et/ou une teneur en toxines dans ses graines, pourrait suivant le cas permettre ou empêcher le développement d'un insecte nuisible.

5. Compétition larvaire dans les graines

Les résultats de l'étude sur la compétition larvaire ont révélé, sur une période de 20 jours, plus d'émergences avec le traitement 4 qu'avec les autres traitements (tableau 4). Ceci nous a permis par la suite de conclure à l'inexistence d'une forte compétition larvaire à l'intérieur des graines.

Toutefois, il est difficile de conclure de manière rigide à l'absence absolue de compétitions au vu des données obtenues. Certes nous n'avons pas eu à creuser en profondeur la question, par exemple en disséquant les graines de chaque traitement, afin de voir le comportement et le stade des larves à l'intérieur. En outre, le traitement des données sur les émergences selon leur taille (petite, moyenne ou grande) pouvait nous donner une idée sur le type de compétition (directe ou indirecte avec un phénomène de miniaturisation), Ndiaye et al., (1992).

Compte tenu du temps qui nous était imparti pour ce travail, nous ne pouvions nous focaliser à fond sur cet aspect car il ne fait pas l'objet de notre étude; mais, il a été abordé parallèlement à ce thème pour d'une part, vérifier son existence ou non et d'autre part, lever certaines controverses qu'on pouvait éventuellement semer dans l'étude des mécanismes de résistance à la bruche du niébé.

Nous suggérons dans l'avenir une étude plus fine, plus poussée sur la compétition larvaire dans les graines de niébé à l'égard de *C. maculatus*.

CONCLUSION! ET PERSPECTIVES

Conclusion et Perspectives

Cette étude a permis d'évaluer le comportement de lignées provenant de l'IITA par rapport à des variétés sénégalaises locales et améliorées, vis à vis de l'infestation de *Callosobruchus maculatus* F.

L'évaluation de ce matériel en conditions contrôlées, sur la base de divers paramètres biologiques que sont : le taux de ponte, le rythme d'émergence journalière, la répartition des émergences selon le sexe, le pourcentage de réussite, les pourcentages de perte en poids et de graines attaquées, a permis de :

- mettre en évidence une relative sensibilité du matériel de L'IITA vis à vis de la souche de *C. maculatus* utilisée, à l'exception de la lignée IT 90K-277-2 qui s'avère être la plus résistante parmi l'ensemble du matériel testé.
- confirmer les données avancées sur les souches dernières obtentions de l'ISRA, à savoir : la sensibilité de la variété Melakh et le caractère moyennement résistant de Mouride,
- Caractériser et quantifier pour la première fois le comportement de trois variétés locales en mettant en évidence, d'une part une très grande sensibilité des variétés N'diassiw et N'diaga Aw et d'autre part une bonne tolérance à la bruche de la variété Wolette.

Ces résultats permettent de tirer une conclusion pratique et de dégager des perspectives de recherche en matière de prospection de sources de résistances à la bruche en particulier et à un déprédateur en général.

Sur le plan pratique, nos résultats montrent la nécessité d'évaluer la résistance de tout matériel exotique, dans les conditions biotiques et abiotiques de son utilisation ultérieure, avant d'envisager son exploitation dans un programme d'amélioration variétale.

En matière de perspectives et à la lumière des conclusions tirées de l'étude, il serait intéressant d'approfondir les aspects suivants :

- caractérisation biochimique et génétique des populations des différentes souches sénégalaises de *Callosobruchus maculatus*.

- « évaluer le comportement du matériel en utilisant les souches des principales zones de culture du niébé au Sénégal
- « Confirmer la résistance relative de IT 90K-277-2 de même que les bonnes tolérances de wolette et mouride et rechercher les bases de ce comportement (biochimique, génétique, physique).
- « Evaluer et exploiter la résistance variétale du niébé à la bruche en utilisant des techniques modernes comme le biomonitor et les biotechnologies

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjadi, O., B.B. Singh, S.R. Singh . 1985. Inheritance of Bruchid Resistance in Cowpea. *Science* 25 : 740 - 742.
- Alzouma, I. 1995. Connaissance et Contrôle des Coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel . *Sahel IPM N°1* pp. 4, 10 - 11.
- Booker R. H, 1967 . Observation on three bruchids associated with cowpea in Northern Nigeria. *J. Stored Prod Res.* 3, 1-15
- Camara, M. 1997. Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales - Application au contrôle de bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* F. et de l'arachide *Caryedon serratus* OL. Mémoire de fin d'étude. ENSA-Thiès. 72 p.
- Caswell, G.H. 1973; The impact of infestation on commodities. *Trop. Stored Prod. Inf.* 25, 19.
- Charrier, A., Michel Jacquot, Seg Harnon et Dominique Nicolas. 1997. L'amélioration des plantes tropicales . CIRAD/ORSTOM PP 483 - 503.
- Decelle, J.** 1981. Bruchidae related to grain legumes in the Afro - Tropical Area. *Series Entomologica* , Vol . 19 ; 193-197
- Delobel, A. et Tran, M. 1993. Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *ORSTOM/CTA.* pp : 312 - 316.
- Desroches, P. , Mandon, N., Baehr, J.C., Huignard, J. Mediation of Host-Plant Use by a glycosid in *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Insect Physiol.* **43.** (5) : 439 - 446.
- Fowden G. Maxwell, Peter R. Jennings . *Breeding Plants Resistant to Insects* pp. 18-19.
- Gatehouse, A. M.R., Gatehouse, J.A., Dobie, P., Kilminster, A.M. and Boulter, D. 1979. Biochemical. Basis of Insect Resistance in *Vigna unguiculata* . *Journal science. Food. Agriculture* 30 p. 948-958.
- Giga, D.P. and Smith, R. H. Egg production and development of *Callosobruchus*, (1987). *rhodesianus* (Pic) and *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on several commodities at two different temperatures. *J. Stored Prod. Res.* **Vol** 23. (1) 9-15, 1987.
- Hussein M. H. et Abdel-Aal Y. A. 1. (1982) Toxicity of some compounds against the Cowpea seed beetle *C. maculatus* (Fab.) (Coleoptera : Bruchidae). *Int. Pest control* 24, 12-16
- Kandji, S.T.** 1996. Optimisation de l'utilisation du neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) dans la protection des stocks de semences de trois (3) légumineuses forestières contre trois (3) espèces de bruches du genre *Cayedon* (Coleoptères Bruchidae). Mémoire de fin d'étude. ENSA-Thiès 45 p.

- Kim, S.K.** 1992. Plante-hôte : résistance polygénique ou monogénique. La Recherche à l'IITA n°5 Sept. 92 pp. 20-21.
- Lienard, V., Seck, D.** 1994. Revue des méthodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae), Ravageur des graines de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) (Walp.) en Afrique tropicale. *Insect. Sci. Applic.* 15, (3) : 301 - 311.
- Messina, F. J. and Renwick, J. A. A.** (1985). Resistance TO *Callosobruchus maculatus* Coleoptera: Bruchidae in selected Cowpea Lines. *Environ. Entomol.* 14: 868 - 872
- Murdock, L.L., Shade, RE. et Pomeroy, M.A.** (1988). Effets of E.64, a cysteine Proteinase Inhibitor, on Cowpea Weevil Growth, Development and Fecundity. *Environ. Entomol.* 17 (3) : 467 - 469
- Ndiaye, D.** 1991. Revalorisation de méthodes traditionnelles de protection des graines de légumineuses récoltées contre les Coléoptères Bruchidae ravageurs des stocks. Mémoire de fin d'étude. ENSA-Thiès. 54 p.
- Ndiaye, S et Fabres, G., Labeyrie, V.,** (1992). Modalités de la compétition larvaire intraspécifique chez *Bruchus affinis* (Coleoptera, Bruchidae) dans les graines de *Lathyrus sylvestris* (Léguminosae, Fabaceae) - *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 97 (2) : 135-144
- Ndiaye, M.** 1996. Essai de pré vulgarisation du Niébé en milieu paysan dans les zones Nord et Centre Nord du Sénégal. Etudes et documents de l'ISRA/UNIVAL. Vol. 5, N°2, 27 p.
- Nwanze, K. F., Horber, E. et Pitts C. W.** (1975) Evidents for Ovipositional preference of *Callosobruchus maculatus* for Cowpea Varieties. - *Environ. Entomol.* 4 (3), 409 - 412
- Nwanze, K. F. and Horber, E.** (1976) Seed coats of Cowpeas Affect Oviposition and Larval Development of *Callosobruchus maculatus*. - *Environ. Entomol.* 5 (2), 213 - 218
- Redden, R.J.P. and Guire J.Mc.** (1983). The Genetic Evaluation of Bruchid Resistance in Seed of Cowpea. *Aust. J. Agric. Res.*, 1983, 34, 707 - 15
- Redden, R.J, P. Dobie and A.M.R. Gatehouse.** 1983. The inheritance of Seed resistance to (*C. maculatus* F. in Cowpea (*V. unguiculata* [L.] Walp.) - Analyses of parental, F₁, F₂, and backcross Seed generations. *Australian Journal of Agricultural Research* 34 : 681-695.
- Seck, D.** 1992 : Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, mil et niébé en milieu paysan. Proceeding, 2^{ème} séminaire sur la Lutte Intégrée contre les ennemis des Cultures Vivrières dans le Sahel, Bamako (Mali), 2-4 janvier 1990, p. 328-355.
- Seck, D., B. Sidibé, E. Haubruge, V. lienard et: Ch. Garpar.** 1992. La Résistance variétale du niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) à *Callosobruchus maculatus* F. (Col. Bruchidae) : Evaluation et perspectives d'utilisation au Sénégal *Med. Fac. Landbouww. Rij ksuniv. Gent* 57 (3a) : 743 - 750.

- Seck**, D. 1993. Resistance to *C. maculatus* F. (Col. Bruchidae) in Some Cowpea varieties from Senegal. *Stored Prod. Res.* **29**, (1) : 49 ▪ 52.
- Seck**, D. 1994. Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. 192 p.,
- Shade**, R.E., Laurie W. Kitch, Paul Mentzer, and Larry L. Murdock. 1996. Sélection of a Cowpea Weevil (Coleoptera : Bruchidae) Biotype Virulent to Cowpea Weevil resistant Landrace TVU 2027 . *J. Econ. Entomol.* **89** (5) : 1325 ▪ 1331
- Singh**, B. B., Singh, S.R. 1992. Sélection de niébé résistant aux bruches. La Recherche à l'IITA n°5 ▪ Sept. 1992 pp. 1. 5.
- Singh**, B.B , D.R. Mohan Raj., K.E. Dashiell, and L.E.N. Jackai. 1997. Advances in Cowpea Research
- Wilson**., K. Egg laying decisions by the bean weevil *Callosobrochus maculatus*. *Ecological Entomology* (1988) **13**, 107-118.
- Xavier-Filho**, J., Campos F. A. P., Ary M. B., Peres Silva C., Carvalho M. M.M., Macedo M. L. R. Lemos F. J. A. et Grant G. (1989) Poor correlation between the level of proteinase inhibitors found in seeds of different cultivars of Cowpea (*Vigna unguiculata*) and the resistance / susceptibility to predation by *C. maculatus*. *J. Agric. Foods Chem.* **37**, 1139 ▪ 1143.
- Xavier-Filho**, J., Sales, M. P., Fernandes, K.V.S. and Gomes, V. M. (1996) The resistance of cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds to the cowpea weevil (*Callosobrochus maculatus*) is due to the association of variante vicillins (7 S. Storage Proteins) to Chitinous Structures in the insect's midgut. *Arg. Biol. Technol.* **39** (3) : 693-699.