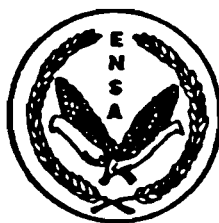


REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRICULTURE  
DEPARTEMENT PRODUCTIONS VEGETALES



**THEME : OPTIMISATION DE L'UTILISATION DU NEEM  
(*Azadirachta indica* A. Juss.) DANS LA PROTECTION DES  
STOCKS DE SEMENCES DE TROIS LEGUMINEUSES  
FORESTIERES CONTRE TROIS ESPECES DE BRUCHES  
DU GENRE *Caryedon* (Coléoptères Bruchidae)**

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

**Spécialisation : PRODUCTIONS VEGETALES**

**Par**

**Serigne Tacko KANDJI**

*Soutenu le 25 Novembre 1996 devant le jury*

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| - Mr Moussa FALL        | <i>Directeur de l'ENSA, Président</i>            |
| - Mr Alioune COLY       | <i>Directeur des études de l'ENSA</i>            |
| - Mr Saliou NDIAYE      | <i>Chef du département Productions végétales</i> |
| - Mr Pascal DANTHU      | <i>Chercheur CIRAD-ISRA</i>                      |
| - Mr Ndiogou GUEYE      | <i>Directeur Adjoint Service Eaux et Forêts</i>  |
| - Mme GUEYE Absa NDIAYE | <i>Maître Assistant UCAD</i>                     |

## REMERCIEMENTS

Ce travail est l'aboutissement d'un parcours dont la plus grande partie est passée à l'ENSA de Thiès et l'autre, non moins importante, à l'ISRA-PF et à l'ITA-ORSTOM.

A l'ENSA,

Je tiens à remercier particulièrement :

Monsieur Saliou Ndiaye, chef du Département Productions Végétales qui s'est toujours évertué à m'assurer une formation de qualité,

Monsieur Ablaye Dramé et Madame Thiélo, tous deux professeurs au Département Productions Végétales, à qui je dois beaucoup

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble des professeurs qui ont eu à me transmettre de leur savoir, à tous mes camarades élèves-ingénieurs, ainsi qu'au personnel, toutes personnes ayant participé d'une manière ou d'une autre à mon épanouissement intellectuel au sein de l'établissement.

A l'ISRA-PF,

Je dois un grand merci à :

Monsieur Pape Ndiengou Sall, Directeur du centre, qui m'a accepté volontiers dans sa structure et n'a ménagé aucun effort pour rendre mon séjour agréable,

Monsieur Pascal Danthu, chercheur au LNRSF, dont la compétence et l'encadrement rapproché ont été déterminants pour la réalisation de ce document

Messieurs Jean Roussel, responsable du LNRSF et Abibou Gaye, chercheur, ont attaché une attention particulière à mon travail ; je leur en suis très reconnaissant

Je remercie également les travailleurs du LNRSF, notamment Abdou Sarr et Ibrahima Fall, sans oublier Dominique Manga, Thérance Manga, Ibou Coly et Ousseynou Guèye. Leur

sympathie et leur disponibilité ont joué un rôle important dans l'accomplissement de mes travaux

A Ablaye Diarra, Christophe Cardet, Paul Ndour et à l'ensemble du personnel, je dis merci

A l'ITA-ORSTOM,

Monsieur Alex Delobel, responsable du Laboratoire de Protection des Stocks, m'a initié à l'étude des bruches et a suivi attentivement mes travaux du début à la fin. J'admire son expérience et son sens de la déontologie. Puisse-t-il me permettre de lui témoigner ma profonde gratitude

Je voudrais également remercier

Monsieur Mbacké Sembène qui m'a toujours été d'un important apport scientifique et moral,

Messieurs Maurice Tran et Momar Talla Guèye de leur collaboration et de leur sympathie combien importantes

J'exprime toute ma gratitude à Monsieur Moussa Fall, Directeur de l'ENSA et Président du Jury, ainsi qu'à Monsieur Alioune Coly, Madame Guèye et Monsieur Ndiogou Guèye, membres du jury, pour m'avoir honoré de leur présence malgré leurs emplois du temps chargés.

*A ma famille*

*A mes amis*

*A toutes les personnes qui me sont chères*

*A la mémoire de Khoudia et Mor.*

*Que la terre de Touba vous soit légère... Amen!*

## RESUME

Une étude a été menée au laboratoire pour évaluer l'action des feuilles, des amandes et de l'huile de neem sur trois espèces de bruches : *Caryedon acaciae*, *Caryedon longispinosus* et *Caryedon serratus*, connues pour leurs dégâts respectifs sur les semences d'*Acacia nilotica*, d'*Acacia raddiana* et de *Tamarindus indica*.

Les feuilles de neem ont été récoltées sur des arbres de provenances différentes. Les provenances sénégalaise (Bandia) et indienne (Devanahally) n'ont montré aucune activité létale sur les trois espèces de ravageurs. Le neem thaïlandais provenant de Khao Luang a induit chez *Caryedon acaciae* et *Caryedon serratus* une mortalité plus importante que celle observée au niveau du témoin mais n'a pas empêché la ponte, l'éclosion des oeufs et le développement des larves jusqu'au stade adulte.

A la dose de 10 %, le broyat d'amandes fraîches de neem extraites de drupes mûres et de drupes tournant du vert au jaune a limité la ponte de *Caryedon Longispinosus* et de *Caryedon serratus* mais son activité a été peu durable (moins d'une semaine).

L'huile d'amande de neem présente une action létale sur les adultes, les oeufs et les larves des trois espèces et a une persistance insecticide d'au moins 5 mois à la dose de 20 ml par kg de graines. Après 5 mois de protection, la dose de 10 ml/kg reste encore létale pour *Caryedon longispinosus* et inhibe la ponte chez *Caryedon acaciae* et *Caryedon serratus*.

Les graines protégées à l'huile de neem depuis 5 mois ont une bonne capacité germinative (la même que celle des graines saines témoins) chez *Acacia raddiana* et *Tamarindus indica*. Chez *Acacia nilotica* par contre, le pouvoir germinatif des graines est plus affecté.

## ABSTRACT

Neem leaves and kernels, and crude neem oil have been studied under laboratory conditions to assess their efficiency on three beetle species causing damages on *Acacia nilotica*, *Acacia raddiana* and *Tamarindus indica* seeds.

Leaves were collected from trees of three different geographic origins. Leaves from senegalese (Bandia) and indian (Devanahally) provenances provided no significant difference compared to the control whereas thailandese neem (Khao Luang) caused a higher mortality on *Caryedon acaciae* and *Caryedon serratus* at 10 % but didn't prevent females from laying eggs or stop larval development and adult emergence.

Ground fresh kernels both from ripe fruit and yellow turning raw fruit reduced oviposition in *Caryedon longispinosus* and *Caryedon serratus* at the the concentration of 10 % but had no sustainable activity (less than a week).

Neem kernel oil had an insecticide activity on adults, eggs and larvae of the three beetle species and its efficiency lasts about 5-6 months at the concentration of 20 ml per kg of grain. After 5 months, the concentration of 10 ml per kg had a lethal activity on *Caryedon longispinosus* only but forbad oviposition in *Caryedon acaciae* and *Caryedon serratus*.

*Acacia raddiana* and *Tamarindus indica* seeds treated with neem oil since 5 months had a good germination rate, like in the untreated control. *Acacia nilotica* seeds were probably affected by neem oil and had a lower germinative capacity.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
BIBLIOGRAPHIE	
1. Les légumineuses forestières en zone sahélienne	3
1.1. Généralités	3
1.2. Rôles des légumineuses ligneuses en zone sahélienne	4
1.3. Obstacles à la régénération des boisements au Sahel	9
1.4. Présentation sommaire des espèces étudiées	11
2. Les bruches	12
2.1. Morphologie, biologie et écologie	12
2.2. Classification	15
2.3. Impact des bruches sur les semences	16
2.4. Description de quelques méthodes de lutte utilisées en stocks	18
3. Le neem : les vertus de l'arbre	20
3.1. Caractéristiques, écologie et usages	20
3.2. Pouvoir pesticide : niveau d'utilisation en protection des végétaux	21
4. Conclusions	23
MATERIEL ET METHODES	
1. Matériel végétal	24
2. Elevage des insectes	24
3. Etude des effets insecticides	25
4. Etude des effets répulsifs	26
5. Tests de germination	26
6. Dispositifs expérimentaux et analyses statistiques	27
RESULTATS	
1. Effets insecticides	28
1.1. Les feuilles de neem	28
1.2. Les amandes	28
1.3. L'huile de neem	32
2. Effets répulsifs	35
3. Germination des graines protégées	37
DISCUSSION	
1. Propriétés insecticides des produits du neem	40
1.1. Les feuilles	40
1.2. Les amandes	41
1.3. Mode d'action et persistance de l'huile de neem	42
2. Propriétés répulsives des produits du neem	43
3. Germination des graines protégées	44
CONCLUSION	45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

## INTRODUCTION

Les régions arides, avec la rigueur des conditions climatiques qui y sévissent, sont des zones de stress permanent, peu favorables au développement des ligneux en peuplements denses.

Pourtant sur ces terres, poussent des arbres et des arbustes particulièrement adaptés. Il s'agit des légumineuses forestières qui constituent l'essentiel de la composante ligneuse du Sahel. Le rôle qu'elles jouent dans cette partie du monde paraît providentiel dans la mesure où, comme le dit Von Maydell (1990), ce sont les produits et services multiples tirés de ces plantes qui y maintiennent l'équilibre du système anthropoécologique.

La conservation et la régénération des boisements au Sahel se heurtent malheureusement à un certain nombre d'obstacles : les changements climatiques, les ravageurs, la pression anthropique, les feux... Aujourd'hui certaines espèces précieuses comme le *Prosopis africana* sont menacées de disparition. La prospection et la conservation de semences d'arbres et d'arbustes polyvalents et adaptés à la sécheresse, pour des besoins de reboisement ou d'agroforesterie, sont alors devenues une priorité pour la foresterie en zone aride (Von Maydell, 1990 ; FAO, 1992).

Cette conservation rencontre cependant un certain nombre de difficultés dont l'une est l'attaque par les bruches des stocks de semences. Ces coléoptères ravageurs ont très tôt suscité chez les populations des méthodes de lutte très diverses (Leroi *et al.*, 1990 ; De Luca, 1979 , Stoll, 1988) mais dont les résultats font très souvent l'objet de controverse. Des moyens de lutte modernes et plus efficaces existent. Par exemple la conservation par le froid donne de bons résultats. Les insecticides de synthèse assurent une bonne protection. Cependant leur coût, leur caractère nocif envers l'homme et l'environnement, ainsi que les risques d'accoutumance qu'ils induisent chez les ravageurs, militent en faveur de la promotion de solutions alternatives.

Ces dernières années, la recherche s'oriente davantage vers des méthodes de lutte biologique, basées essentiellement sur l'utilisation de produits naturels. Dans ce cadre le neem, introduit et bien naturalisé en Afrique, a fait l'objet de beaucoup d'études. Il a été reconnu, selon plusieurs auteurs, comme une plante qui recèle un immense potentiel pesticide, sans

risque de nuisance à l'homme, aux animaux et à l'environnement (Rembold, 1989 ; Saxena, 1989 ; Bhatnagar, 1990).

Quelles peuvent être les modalités d'utilisation des principes actifs du neem pour lutter contre les bruches ravageurs des semences forestières, en l'occurrence le genre *Caryedon* ? Telle peut être la question soulevée.

Les travaux menés conjointement à l'ISRA-PF et à l'ITA-ORSTOM et présentés dans ce document ont pour motivation d'apporter des éléments de réponse à cette problématique.

Les essais effectués sur trois couples parasite/hôte . *Caryedon acaciae*/*Acacia nilotica*, *Caryedon longispinosus*/*Acacia raddiana* et *Caryedon serratus*/*Tamarindus indica*, comprennent trois volets essentiels

- Etude de l'effet insecticide des feuilles, amandes et huile de neem
- Etude d'effets répulsifs
- Test de germination des graines protégées

## BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE

### 1. Les légumineuses forestières en zone sahélienne

#### 1.1. Généralités

Du latin *legumen* (= gousse), les légumineuses constituent un grand groupe botanique lui-même subdivisé en trois familles (Berhaut, 1975 ; Williams, 1983 ; Gutteridge & Shelton, 1994)

- Les Caesalpiniaceae sont caractérisées par des fleurs à cinq pétales généralement assez grandes. Cette famille couvre environ 2800 espèces dont la plupart sont des arbres des savanes et des forêts tropicales d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie

- Les Mimosaceae se reconnaissent par leurs petites fleurs disposées en capitules sphériques ou en épis allongés. Elles comptent environ 2800 espèces (surtout d'arbres et d'arbustes, rarement d'herbacées) réparties dans les régions semi-arides d'Afrique, d'Amérique et d'Australie.

- Les Fabaceae (Papilionaceae) : les fleurs ressemblent au papillon, c'est-à-dire une aile en haut, deux ailes latérales, une carène. On trouve dans ce groupe des arbres, des arbustes, des lianes et des herbacées, constituant près de 12000 espèces.

Les légumineuses arborescentes ou arbustives du Sahel se répartissent dans ces trois groupes mais les Mimosaceae sont de loin prépondérantes. Le genre *Acacia*, très présent en Afrique de l'Ouest, constitue incontestablement le genre caractéristique du Sahel (Adam & Kerharo, 1974).

La survie dans ces écosystèmes fragiles exige souvent de puissants mécanismes d'adaptation. D'un point de vue physiologique, le caractère xérophile des légumineuses forestières se manifeste par le développement d'organes aériens typiques : feuilles composées à petites folioles ou foliolules, épines, écorce dure, etc. et un puissant système racinaire qui leur permet de résister à de rudes épreuves de déficit hydrique. La symbiose fixatrice d'azote joue également un rôle fondamental dans le développement de ces espèces sur des sites fragiles, caractérisés par l'érosion et la pauvreté des sols (Gutteridge & Shelton, 1994).

Les syndromes de dissémination décrits par Tybirk (1991) montrent que les arbres et arbustes du Sahel sont dotés de mécanismes efficaces adaptant leurs diaspores aux différents

agents disséminateurs. La dissémination par le vent dépend étroitement du rapport surface/poids de la diaspore. Ce moyen de transport intéresse surtout les graines ou gousses plates à masse faible (*Acacia ataxacantha*, *Acacia dudgeoni*, *Acacia senegal*...). La dissémination par l'eau se fait le long des cours d'eau et par le ruissellement, elle conviendrait à certaines espèces telles que *Acacia nilotica*, *Acacia albida*, *Piliostigma reticulatum*. Le moyen le plus répandu par contre reste la dissémination par les animaux. La plupart des espèces sont disséminées par les ongulés mais quelques unes peuvent aussi être dispersées par les primates et les oiseaux.

Les téguments durs caractéristiques de la graine de légumineuse présentent un intérêt écologique particulier. D'une part ils permettent à ces graines de résister à la mastication ou aux sucs digestifs des animaux et aux feux mais d'autre part et surtout, la dormance qu'ils induisent favorise la constitution d'un important stock de semences dans le sol (Coe & Coe, 1987). Cette dormance tégumentaire qui ne libère annuellement que 10 % environ de graines pouvant germer semble être d'une importance extrême en zone aride. Avec le régime pluviométrique aléatoire de la zone sahélienne, il serait désastreux que toute la moisson de graines d'une année donnée germe après les premières pluies isolées de l'hivernage (Tybirk, 1991).

## ***1.2. Rôles des légumineuses ligneuses en zone sahélienne***

A toutes les époques de l'humanité et dans toutes les civilisations, l'arbre a toujours joué de grandes fonctions, économiques, sociales, culturelles. Mais quel rôle les légumineuses ligneuses peuvent-elles jouer spécifiquement dans le cas du Sahel ?

Les légumineuses arborescentes ou arbustives des zones arides ou semi-arides sont très généralement des arbres à usages multiples utilisés dans les divers systèmes pastoraux, agrosylvicoles ou agroforestiers des régions tropicales. Elles pourvoient à un grand nombre de besoins : combustible, pacage aérien, matériaux de construction, cultures vivrières et culture de rente (Danthu *et al* , 1996 , Le Houérou, 1987).

### *a. Production de bois*

Le reboisement dans les zones arides ou semi-arides n'a pas d'objectif de production de bois industriel (Ferlin, 1981). Pour les forestiers, l'une des toutes premières préoccupations en zone sahélienne reste l'approvisionnement des populations en combustibles ligneux.

Des enquêtes menées dans quelques villages du Sénégal et de la Haute-Volta ont révélé une consommation moyenne d'un kilogramme de bois de feu par habitant et par jour (Von Maydell, 1990). Avec la démographie sans cesse croissante et la dégradation continue de nos forêts, des difficultés réelles d'approvisionnement ont commencé à se faire sentir, parfois même de manière catastrophique, en ville et dans certaines campagnes. Dans beaucoup de pays, la pénurie croissante de bois de feu est devenue aussi critique que la pénurie de vivres (Eckholm, 1976). L'utilisation des énergies de substitution n'étant que peu envisageable pour le moment dans les campagnes (coûts, problèmes techniques), le reboisement pour la production de bois et de charbon devient un impératif.

Les légumineuses forestières offrent une solution partielle à la crise de bois de chauffe. Parmi les 88 espèces recommandées par l'Académie Nationale des Sciences d'Australie (1980, 1983), la presque majorité est constituée de légumineuses ; elles regroupent en effet les critères désirés pour une espèce productrice de bois de chauffe (Gutteridge & Shelton, 1994). *Acacia laeta*, *Acacia nilotica*, *Acacia raddiana*, *Acacia seyal* et *Tamarindus indica* sont parmi d'autres, des espèces qui produisent un excellent bois de feu et du charbon à bon pouvoir calorifique.

Le concept de bois d'oeuvre peut avoir une signification tout à fait spécifique au Sahel. Si en zone humide l'exploitation forestière peut vouloir dire production de grumes à haute valeur commerciale, en zone aride le terme "bois d'oeuvre" répond plutôt à la satisfaction des besoins des populations riveraines et de l'artisanat local pour

- la construction de cases, clôtures, tentes ;
- la confection d'outils aratoires, de chasse ou de pêche ;
- la fabrication d'objets domestiques : ustensiles de cuisine, bancs, instruments de musique...

La demande estimée en bois d'oeuvre au Sahel tournerait autour de 0,1 m<sup>3</sup> par an et par habitant (Von Maydell, 1990). Certains acacias et d'autres espèces comme le tamarinier (*Tamarindus indica*) sont appréciés pour la qualité de leur bois.

## ***b. Réserves fourragères***

Il est maintenant bien connu que le Sahel, compte tenu des données climatiques et édaphiques, a vocation davantage pastorale qu'agricole. Des études ont montré que l'isohyète 400 mm représente généralement (sauf conditions particulières telles que dépressions humides ou lits d'oueds) ce qui devrait être la limite nord de l'agriculture en sec (Ferlin, 1981). Selon cette même source, la mise en culture des terres marginales n'a fait qu'accélérer le processus de désertification.

L'activité pastorale occupe une place centrale dans l'économie des pays du Sahel. Néanmoins ce secteur connaît des difficultés, liées la plupart du temps à des déficits fourragers. Avec les sécheresses et la dégradation continue des sols, il s'observe annuellement des mortalités sévères du bétail pendant la saison sèche.

L'amélioration des conditions nutritionnelles du cheptel constitue dès lors un défi majeur pour la foresterie en zone sahélienne. Les légumineuses ligneuses, grâce à la richesse en protéines de leurs feuilles, gousses et graines, leur bonne appétabilité et leur disponibilité en saison sèche, constituent un aliment stratégique (Koné, 1987).

## ***c. Aliments, denrées de consommation et matière premières***

Les arbres et arbustes du Sahel, en plus des multiples autres rôles qu'ils peuvent jouer, fournissent aussi aliments et autres denrées de consommation pouvant faire l'objet d'un commerce actif. Au Sénégal, même si la production contrôlée est faible (Tableau 1), la consommation des produits de cueillette est assez importante, la satisfaction de la demande intérieure nécessitant même le recours à des importations des autres pays de la sous-région (Dieng, 1993).

Même s'il n'y a pas beaucoup d'études qui ont été faites à ce sujet, les fruitiers sauvages jouent un rôle fondamental dans l'équilibre alimentaire des populations. Parmi ceux-ci, les légumineuses occupent une place privilégiée (Von Maydell, 1990).

Le nété (*Parkia biglobosa*) fournit une pulpe fraîche très nourrissante (jusqu'à 60 % de sucre). Les graines riches en matières grasses et en protéines sont transformées après fermentation en un produit d'assaisonnement très prisé en Afrique (netetu).

Les fruits verts de tamarin (*Tamarindus indica*), acides et fibreux, sont cueillis pour relever les mets. Les fruits mûrs, pulpeux et plus sucrés, sont aussi utilisés comme condiment.

mais surtout pour la fabrication de jus ou de confitures ; ils présentent un intérêt particulier en agro-alimentaire.

*Tableau 1 : Offre des principaux produits forestiers de cueillette contrôlée par la Direction des Eaux et Forêts, des Chasses et de la Conservation des Sols en 1992 au Sénégal (source : Dieng, 1993)*

<i>Produits</i>	<i>Quantités (tonnes)</i>
<b>Ditax (fruits de <i>Detarium senegalensis</i>)</b>	84,296
<b>Gomme arabique</b>	186,402
<b>Tamarin (fruit de <i>Tamarindus indica</i>)</b>	12,300
<b>Nete (fruit de <i>Parkia biglobosa</i>)</b>	41,577
<b>Netetu (graines fermentées de <i>Parkia biglobosa</i>)</b>	188,092
<b>Solom (fruit de <i>Dialium guineense</i>)</b>	135,623
<b>Nepnep (gousse de <i>Acacia adansonii</i>)</b>	7,710

Les gommages constituent une matière première de base pour diverses industries (agroalimentaire, pharmacie, lithographie, pyrotechnique...) 90 % de la gomme mise sur le marché proviennent d'*Acacia senegal* qui fournit la meilleure qualité. La gomme arabique participe pour une part importante à l'équilibre de la balance des paiements de certains pays tels que le Soudan qui, avec 80 % de l'offre mondiale, occupe la tête des pays exportateurs (Von Maydell, 1990). Le Sénégal, entre 1960 et 1970, était le troisième pays producteur (7 % de la production mondiale) derrière le Soudan (77 %) et le Nigeria (9 %) et le label "Ferlo" était alors une image de marque du pays sur le plan mondial. Avec les sécheresses, la production a connu une baisse rapide : entre 1971 et 1981, elle est passée de 9200 tonnes à 250 tonnes (ISRA, 1989).

#### ***d. Action protectrice et amélioration du sol***

La charte mondiale des sols adoptée par la FAO en 1981 a défini un ensemble de principes pour une utilisation optimale des ressources mondiales en terres, pour l'amélioration de leur productivité et pour leur conservation au profit des générations futures. Elle en appelle aux gouvernements, organisations internationales et utilisateurs de la terre pour gérer celle-ci dans une perspective à long terme et non de commodité immédiate (FAO, 1992). Cette déclaration à caractère universel attire l'attention sur un fait : les zones arides progressent de manière inquiétante. Selon Le Houérou (1979), les déserts s'étalent sur leurs bordures à

l'occasion de périodes de sécheresse prolongées et leur rythme d'expansion est voisin de la croissance démographique moyenne sur 20 ans. Or la désertification érode directement les habitats végétaux et rétrécit la base génétique de nombreuses espèces résistantes à la sécheresse. La préservation des ressources génétiques par conservation *in* et *ex situ* d'espèces résistantes devient alors un préalable pour toute tentative de revalorisation des terres dégradées du Sahel.

Comment l'arbre peut-il protéger ou améliorer les sols ?

L'arbre améliore les conditions édaphoclimatiques dans son voisinage (Akpo *et al*, 1996). Selon Von Maydell (1990), le premier rôle protecteur d'un arbre, même s'il paraît banal, c'est l'ombrage qu'il fournit. Son feuillage atténue la force du vent et amortit les gouttes de pluie. Le système racinaire, les racines traçantes de surcroît, en se mettant en place, forme des lacs qui fixent le sol. Il aménage en même temps des fissures qui encouragent l'infiltration de l'eau de pluie, réduisant alors le ruissellement, source principale d'érosion hydrique.

La plupart des légumineuses ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique à l'aide des bactéries symbiotiques de leur système racinaire (Dreyfus & Dommergues, 1981). Ainsi la biomasse végétale restituée aux sols permet de relever considérablement leur niveau de fertilité. Par exemple des expériences menées au Sénégal sur le mil ont montré des rendements multipliés par 2.5 et des teneurs en protéines multipliées par 3.5 au voisinage des pieds d'*Acacia albida* en comparaison aux surfaces nues ; ces augmentations seraient dues à un accroissement de la teneur du sol en azote, en phosphore et en calcium (Skerman, 1982). L'amélioration de la structure du sol par l'humus constitue par ailleurs un frein à l'érosion (Gutteridge & Shelton, 1994).

L'arbre joue également des fonctions régulatrices importantes : conserver l'eau plus longtemps et la restituer plus lentement qu'en terrain nu. Cet aspect est d'autant plus important qu'au Sahel les déficits hydriques ne sont pas toujours liés à une faible pluviométrie mais souvent à une évaporation rapide et à un écoulement de surface excessif (Von Maydell, 1990).

Les légumineuses forestières participent ainsi de manière déterminante à la stabilisation des sols sableux et susceptibles des zones arides et peuvent être utilisées dans les projets de réhabilitation des terres dégradées (Gutteridge & Shelton, 1994).

### ***e. Pharmacopée***

Les légumineuses forestières du Sahel ont joué de grandes fonctions dans la médecine locale et dans la fabrication de toxiques et de répulsifs. Bien que certaines pratiques restent entachées de croyances mystiques, il n'en reste pas moins que des drogues, potions, tisanes, fumigations et autres panacées préparées à partir de différents organes (feuilles, racines, écorces) ont fait leurs preuves pour la guérison de beaucoup de maladies rencontrées en Afrique Subsaharienne (Kerharo & Adam, 1974 ; Nongonierma, 1978).

### ***1.3. Obstacles à la régénération des boisements au Sahel***

Nous avons vu dans les points précédents que les légumineuses arborescentes et arbustives du Sahel sont des espèces qui réagissent bien aux fluctuations climatiques caractéristiques des zones arides. Ces mécanismes de résilience trouvent néanmoins des limites, surtout quand l'intervention de l'homme commence à être destructive.

#### ***a. Menaces abiotiques***

Dans les conditions d'équilibre naturel, les 10 % de graines environ qui germent annuellement doivent être en mesure d'assurer la pérennité de nos forêts. La germination et le développement des plantules exigent cependant un certain nombre de conditions qui, non réunies, deviennent une entrave majeure au processus de régénération.

Les zones arides sont caractérisées par des précipitations faibles et irrégulières, un abondant rayonnement incident, des températures et des taux d'évaporation élevés durant l'été ou tout au long de l'année, une faible humidité atmosphérique et des vents souvent forts (Armitage, 1986). Cette situation limite généralement les possibilités de reboisement en sec au sud du Sahara dès qu'on descend en dessous 200 mm de pluie, alors qu'en zone méditerranéenne où l'évapotranspiration est deux fois moins accentuée (pluies hivernales), le reboisement est possible avec des quantités beaucoup plus faibles de pluie (Ferlin, 1981).

Le ruissellement transporte chaque année des quantités de terres souvent insoupçonnées au Sahel. Il crée en amont, à certains endroits, des ravinements, dans d'autres il expose la cuirasse ou la roche mère. En aval, dans les zones basses, il se produit un ensablement ou des inondations, toutes choses rendant l'implantation des arbres presque impossible.

### ***b. Les menaces d'origine végétale***

La graine est une importante réserve de substance nutritive. Lorsqu'elle est humidifiée et que les corps complexes commencent à se dégrader, elle offre un milieu trophique idéal pour certains champignons. L'impact des agents de fonte de semis et de pourritures représente un facteur régulateur important pour les légumineuses forestières (Lee, 1985).

Mais la première menace végétale reste sans doute la concurrence des adventices, en l'occurrence les graminées. En dehors de leur contribution à l'évapotranspiration et de la compétition pour la lumière, leurs racines superficielles constituent un moyen puissant pour pomper l'eau (même si elle est rare) et les minéraux au détriment des jeunes plantules. Dans les 50 premiers cm de profondeur, la concurrence menée à celles-ci, les premiers jours, peut compromettre gravement leurs chances de développement (Tybirk, 1991).

### ***c. Les menaces d'origine animale et anthropique***

La prise de nourriture sur les végétaux ne constitue pas toujours un danger pour leur régénération. Au contraire, elle assure en partie leur dispersion et leur multiplication dans l'espace et dans le temps. Cependant, si le prélèvement se fait de façon abusive, en temps inopportun ou sur des organes essentiels, il peut à long terme causer des préjudices.

Plusieurs familles d'insectes spermophages attaquent les graines et en détruisent une grande quantité. D'autres s'attaquent aux semis et aux jeunes plantules, induisant de graves pertes.

Les grands mammifères, bien que jouant un rôle primordial dans la dissémination des espèces, sont incriminés comme de grands causeurs de dégâts sur les semences forestières (Tybirk, 1991). Une étude sur le comportement alimentaire des animaux domestiques a révélé que les petits ruminants (ovins et caprins) digèrent la majeure partie des graines ingérées : 49 à 99 % selon les espèces de légumineuses (Danthu *et al* , 1996). Dans la nature, des observations faites sur la germination des légumineuses ont montré que beaucoup de graines germant sur fèces meurent à cause d'une trop forte concentration d'ammoniaque (Tybirk, 1991). Il a été rapporté aussi que les graines d'*Acacia tortilis* ne peuvent arriver à maturité que hors de portée des ongulés car ceux-ci les consomment à l'état vert (Coe & Coe, 1987). Wrangham et Waterman (1981) ont observé une nutrition intense et préférentielle des singes verts ou vervets sur les gousses vertes gonflées d'*Acacia tortilis*. La consommation de graines mûres ou en voie

de maturation réduit ainsi fortement les possibilités de récolte de semences de certains acacias (Pellew & Southgate, 1984).

La pression qu'exercent les animaux sur les jeunes plants en croissance produit des effets néfastes sur le développement des légumineuses ligneuses. Le broutage excessif des jeunes pousses par les herbivores (ongulés et rongeurs), à défaut de les tuer, les transforment souvent en touffes ou plantes naines sans intérêt (Tybirk, 1991).

"Les forêts précèdent l'homme, le désert le suit". Cet adage semble résumer l'impact de l'activité anthropique sur la dégradation des écosystèmes du Sahel.

Dans les sociétés traditionnelles, on vouait à l'arbre une certaine considération, lui garantissant ainsi une bonne protection. Avec l'avènement de la monoculture et l'accroissement de la population, la gestion des ressources forestières a pris une autre dimension, caractérisée surtout par une déforestation massive et une surexploitation des terres agricoles. Brown (1985), partant d'études faites sur l'Ethiopie, a proposé un modèle de description du processus de dégradation progressive. Dans un premier stade, la forêt recule devant l'extension des cultures, mais la disponibilité en bois reste suffisante. A mesure que la population augmente, il se crée un marché du bois, qui est alors coupé et vendu par les paysans, alors qu'eux-mêmes utilisent comme combustible les résidus des cultures et les déjections des animaux. La disparition des arbres sur de grandes superficies, en laissant libre cours à l'érosion, accélère aussitôt le processus de désertification. L'absence de friches ou de jachères constitue par ailleurs un grand facteur limitant pour le maintien des espèces à régénération itinérante comme *Acacia senegal* qui exige toujours la colonisation de nouvelles terres (Ferlin, 1981).

#### ***1.4. Présentation sommaire des espèces étudiées***

- *Acacia nilotica* var. *adansonii* (Guill. et Perrott) O. Ktze (Mimosaceae) c'est un arbre de 10 à 12 m de hauteur rencontré généralement dans les dépressions humides des zones sahéliennes. Dans le delta du fleuve Sénégal, il forme des peuplements à la limite des zones inondées. La croissance est rapide et la germination ne pose pas de difficulté. Les boutures traitées avec des hormones s'enracinent. L'arbre produit du bois dur et lourd très apprécié comme combustible ou comme bois d'oeuvre. Les feuilles sont affouragées aux ruminants. *Acacia nilotica* est aussi apprécié pour la production de tannin et son utilisation dans la médecine locale (Tybirk, 1991 ; Von Maydell, 1990 ; Kerharo & Adam, 1974).

- *Acacia raddiana* Savi (Mimosaceae) : cet arbre grégaire de 12 à 13 m de hauteur est très commun dans les sols sableux du Sahel. Il prospère entre 50 et 1000 mm de pluie et supporte une large gamme de températures. *Acacia raddiana* est l'une des rares espèces arborescentes rencontrées à l'état spontané au nord et au sud du Sahara. L'arbre donne un excellent bois de feu et du charbon à haut pouvoir calorifique. Les feuilles, les jeunes rameaux et les fruits fournissent un bon fourrage. Les feuilles et les écorces sont vermifuges, fébrifuges et antipaludiques. En Inde, il a donné de bons résultats dans la consolidation des dunes (Von Maydell, 1990 ; Kerharo & Adam, 1974 ; Skerman, 1982 ; Ferlin, 1981)

- *Tamarindus indica* L. (Caesalpiniaceae) : le tamarinier est un grand arbre pouvant atteindre 30 m de haut, avec 1 m de diamètre. Le tronc est court et le cime étalé. C'est un arbre sempervirent sauf dans les régions arides. Il préfère les régions semi-arides (à partir de 400 mm de pluie annuelle) mais pousse aussi dans des zones de mousson. Le tamarinier est peu exigeant pour le sol. Il ne fixe pas l'azote et presque aucune végétation ne croît sous son houppier. Sa régénération naturelle est sporadique et sa croissance est assez lente. En Inde, en Floride et au Mexique, il est cultivé pour la production de fruits. L'arbre qui commence à fructifier à partir de 8-12 ans en conditions favorables, peut donner 150 à 200 kg de fruits par pied en pleine production. Son bois résistant et durable est apprécié pour la production de charbon et comme bois d'oeuvre. Le tamarinier joue un rôle important dans la médecine traditionnelle mais sa couronne étalée le prédestine aussi comme un arbre d'ombrage et d'ornement (Von Maydell, 1990 ; Grovel, 1990).

## **2. Les bruches**

### **2.1. Morphologie, biologie et écologie**

Le vocable de "bruches" désigne l'ensemble des insectes appartenant à la famille des Bruchidae de l'ordre des coléoptères.

Les bruches sont de petits insectes de forme courte, ramassés (Balachowsky, 1962) dont la majorité mesure environ 3 à 4 mm. Southgate (1983) les décrit quant à lui comme ayant une forme ovale mais qui paraît légèrement tronquée aux deux extrémités, due à l'habitude qu'a l'insecte de tenir la tête perpendiculaire au reste du corps, ainsi qu'à la position du dernier segment dorsoabdominal scutiforme (pygidium) qui est presque vertical chez le mâle, oblique chez la femelle. La plupart des espèces ont de grands yeux composés avec une fente profonde en "U" s'ouvrant vers l'avant. Les antennes partent de cette fente et chez tous

les genres à l'exception de quelques uns, elles sont fines et mesurent environ la moitié de la longueur totale de l'insecte. Le thorax des Bruchidae peut être large avec une seule dent de chaque côté ou conique, par exemple chez *Callosobruchus*. Les élytres sont carrés, à peine plus longs que larges chez la plupart des genres. Les pattes sont dotées de griffes bien développées à l'extrémité de tous les tarse. Les fémurs postérieurs sont larges chez certaines espèces et armés de piquants sur le bord ventral près de l'apex. Ce dernier caractère est utilisé pour la détermination des genres et espèces. Chez la plupart des espèces, une pubescence constituée de poils aplatis en écailles couvre le thorax et les élytres et forme de petites taches de couleurs variées. Les macules présentes sur les élytres servent à caractériser certaines espèces

Les Bruchidae sont cosmopolites, ils comptent près d'un millier de représentants répartis à travers le monde (Balachowsky, 1962) Mais la plus grande proportion se trouve concentrée dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique. Les Iles du Pacifique et l'Australie possèdent très peu d'espèces connues.

La biologie des bruches permet de distinguer trois groupes (Loukianovitch & Terminacian, 1957) :

- des espèces dont les larves se développent au sein des graines vertes et dont la ponte a lieu sur les organes floraux ou les jeunes gousses vertes. Ce sont des espèces monovoltines (une génération par an) incapables de se reproduire sans alimentation. Chez ces espèces, il y a très souvent une diapause imaginale dans la graine. Chez certaines espèces, les adultes quittent la graine pour s'abriter dans le sol ou sous les écorces ; ce sont les "field species" de Southgate (1979)

- des espèces dont les larves se développent à l'intérieur des graines mûres et pouvant se reproduire dans les stocks. Il n'y a pas de diapause pour ces espèces et, pourvu que les conditions soient favorables, elles peuvent continuer à se reproduire tant qu'il existe des réserves dans les graines.

- des espèces dont le développement est soumis au départ aux conditions de végétation de la plante hôte mais qui par la suite peuvent se reproduire en plusieurs générations dans les stocks si les conditions sont favorables.

Il existe chez les Bruchidae deux types d'oeufs : cylindriques et hémiovoïdes. Dans la forme cylindrique, la larve sort par une extrémité de l'oeuf et chemine à la surface de la gousse avant de pénétrer par une fissure convenable. Les oeufs hémiovoïdes sont fixés solidement au substrat par une sécrétion qui les recouvre et les protège de la dessiccation. La larve qui sort

pénètre directement dans la gousse ou la graine en la perçant à l'aide de ses mandibules. La ponte se fait selon trois modalités : certaines femelles collent leurs oeufs sur la gousse, d'autres les déposent dans la gousse après perforation de celle-ci, une troisième catégorie effectuant la ponte sur la graine après pénétration dans la gousse (Southgate, 1983; Jarry, 1981). L'éclosion a lieu 5 à 10 jours après oviposition ; l'oeuf qui au départ était translucide devient alors coloré (Delobel, com. pers.).

Durant son développement (de 3-4 semaines à plusieurs mois), la larve mue 3 fois avant de se transformer en nymphe. Si la nymphose doit se faire dans la graine, la larve prépare auparavant le trou de sortie du futur adulte.

L'alimentation : celle des adultes est basée sur la consommation de pollen ou de nectar (De Luca, 1966). La nutrition des larves, plus déterminante, se fait sur des graines de plantes appartenant à différentes familles. Bien que les bruches affectionnent les légumineuses (d'après Tybirk (1991), 84 % des espèces attaquent les légumineuses), elles peuvent s'accommoder d'autres familles botaniques : Palmae, Anacardiaceae, Rhamnaceae, Combretaceae, Malvaceae... (Balachowsky, 1962).

Le déplacement : l'aptitude au vol des adultes dépend de la température, elle s'acquiert normalement au dessus de 25°C. Les bruches sont attirées par les fleurs et par les nectaires extrafloraux. Le rassemblement en ces points permet un rapprochement des sexes et favorise l'accouplement. L'apparition des adultes en Afrique de l'Ouest se produit entre octobre et juillet suivant l'espèce et la maturation des graines de leurs hôtes. L'absorption de pollen ou de nectar ne serait pas indispensable à la maturation des ovaires mais accroît vraisemblablement la fécondité et peut-être la longévité de l'insecte (Nongonierma, 1978 , Southgate, 1983 , Delobel, com. pers.).

Ennemis naturels : dans la nature, il existe des agents qui régulent la dynamique des populations de coléoptères Bruchidae. Les ennemis naturels des bruches sont généralement des hyménoptères appartenant à diverses familles, Trichogrammatidae, Braconidae, Pteromalidae, ou Chalcididae. (Prevett, 1966 ; Southgate, 1983) Ils attaquent les larves, les oeufs et les nymphes. Certaines mouches sont signalées comme parasites des bruches. Les acariens du genre *Pyemotes* jouent aussi un très grand rôle dans la dynamique des populations de bruches. Ces prédateurs de 0,2 mm de long se nourrissent des larves, des nymphes et des adultes.

## 2.2. Classification

La répartition des bruches dans les différents sous-familles, genres et espèces a fait l'objet de beaucoup de divergences. Nous adoptons ici la classification de Loukianovith & Terminacian (1957) qui subdivise la famille des Bruchidae en 5 sous-familles : Amblycerinae, Bruchinae, Kytorrhinae, Pachymerinae et Rhaebinae.

Le genre *Caryedon* appartient à la famille des Pachymerinae dont le nom est tiré du genre *Pachymerus* auquel il était rapporté dans les classifications antérieures. Il comporte une trentaine d'espèces essentiellement monophages (inféodées à un seul genre d'hôtes). *Caryedon serratus* (Olivier) est l'une des rares espèces oligophages. Il est rencontré sur *Bauhinia rufescens*, sur *Piliostigma*, sur *Tamarindus indica* et sur *Cassia sieberiana*. Le genre *Caryedon* n'est pas connu sur fabacée sauvage et c'est par allotrophie que *Caryedon serratus* est devenu hôte d'une fabacée cultivée, *Arachis hypogaea* (Delobel *et al.*, 1995)

Parmi les trois espèces étudiées (Annexe I), *Caryedon serratus* est la plus connue, certainement à cause de ses ravages sur l'arachide. La femelle est réceptive dès l'émergence et la copulation a généralement lieu 24 h après (Ndiaye, 1981). Selon Ndoye (1989), la femelle de *Caryedon* commence à pondre sur arachide 48 h après émergence et l'éclosion a lieu une dizaine de jours plus tard. La nymphose peut avoir lieu dans la graine, dans la gousse ou à l'extérieur. Dans le dernier cas, la larve accole des gousses ou des graines pour sa protection. L'imago sort en ouvrant l'orifice d'émergence aménagé par la larve avant de se nymphoser. Ce ravageur redoutable a été signalé sur arachide dès 1916 en Sénégambie par Roubaud sous le nom de *Pachymerus acaciae* Gyll. et depuis peu en Inde (Dick, 1987).

"*Caryedon longispinosus*" a été classé sous ce nom par Decelle dans les collections de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire Cheikh Anta Diop de Dakar où elles sont restées *in litt* depuis 1975. Nous associons ici des guillemets à ce nom afin de signaler que cette mention ainsi que celle de trois autres espèces (*Caryedon sahelicus*, *Caryedon excavatus* et *Caryedon mauritanicus*) n'est pas conforme au Code International de Nomenclature Zoologique (Delobel *et al.*, 1995). Au Sénégal elle est très inféodée à *Acacia raddiana* et moins souvent à *Acacia senegal*

*Caryedon acaciae* est rencontré au Sénégal souvent sur *Acacia nilotica adansoni*, *Acacia nilotica tomentosa* et *Acacia sieberiana*. Néanmoins son spectre alimentaire pourrait s'élargir à *Acacia polyacantha*, *Acacia raddiana* et à *Acacia seyal* (Delobel *et al.*, 1995)

### 2.3. Impact des bruches sur les semences

La larve, pour assurer sa croissance, se nourrit des réserves accumulées dans la graine. Dans le cas des légumineuses cultivées pour l'alimentation humaine, le prélèvement de nourriture perpétré par les formes larvaires représente une compétition sérieuse à l'homme pour des protéines de haute valeur nutritive. Pour les espèces forestières, il constitue une entrave à la germination des graines et au développement des plantules.

La capacité germinative des graines attaquées a été beaucoup étudiée, mais les résultats observés sont généralement contradictoires. D'aucuns attestent que les semences parasitées jouissent d'un certain avantage par rapport aux semences saines, c'est le cas de Halevy (1974). D'autres chercheurs comme Ernst *et al.* (1989) démontrent que cet avantage n'est pas toujours vérifié et qu'il pouvait même dans certains cas tourner au désavantage pur et simple. En fait la capacité germinative dépend du niveau d'endommagement de l'embryon. Le terme de pouvoir germinatif souvent utilisé pour comparer les graines saines et les graines parasitées peut néanmoins présenter une certaine ambiguïté car tout dépend du temps pendant lequel ces graines sont mises à germer. Dans des conditions d'humidité favorables, les graines présentant des trous d'émergence s'imbibent rapidement d'eau et germent en quelques jours. Cette "scarification d'origine biologique" permet alors à celles-ci d'exprimer rapidement tout leur potentiel germinatif. Les graines saines par contre, à l'exception de quelques unes qui composent le faible pourcentage de graines naturellement non dures, mettront beaucoup plus de temps à germer. Par exemple *Acacia tortilis* germe en vagues sur une période de 450 jours (Coe & Coe, 1987). Ces semences dures possèdent pourtant un potentiel germinatif élevé pouvant atteindre 100 %. Si on lève les équivoques et qu'on raisonne donc en terme de potentiel germinatif, il est clair que les graines parasitées n'ont pas d'avantage sur les graines saines. Dans la majorité des cas, la larve détruit l'embryon de sorte que dans un lot de graines présentant des trous d'émergence, on trouve de grandes proportions d'embryons non fonctionnels (Coe & Coe, 1987 ; Pellew & Southgate, 1984 ; Ernst *et al.*, 1989).

La germination des graines attaquées, même si l'occurrence en est faible, peut tout de même avoir lieu. Le devenir de la jeune plantule dépendra alors du niveau de destruction des cotylédons. Prett (1966) fait cas d'une prédation spécifique des acacias africains par les bruches. Cet aspect revêt une certaine importance dans la mesure où il existe une relation de proportionnalité entre la taille de l'espèce parasite et celle de la graine hôte. Ainsi vraisemblablement les espèces de bruches les plus grandes s'attaquent aux grosses graines (cas

du couple *Caryedon serratus/Tamarindus indica*) alors que les espèces de taille moindre sont associées à de petites graines (cas du couple *Caryedon longispinosus/Acacia raddiana*). Des cas de cohabitation de plusieurs larves dans une même graine ont été aussi décrits chez certaines espèces de bruches. Ces hypothèses laissent présager simplement que les chances qu'ont les cotylédons d'une graine de ne pas être sérieusement endommagés sont très minimes. Donc même si l'embryon est viable, la jeune plantule peut être dès la germination, victime d'un désavantage compétitif qui compromet ses chances de développement. Le trou d'émergence qui se situe au niveau de la graine peut aussi faciliter l'attaque par les champignons et les autres micro-organismes nuisibles du sol quand la graine est humide.

D'un point de vue quantitatif, le taux d'attaque des légumineuses forestières varie dans l'espace et dans le temps. Des études menées sur les acacias par Southgate (1979) en Afrique et par Janzen (1980) en Amérique Centrale ont donné respectivement des taux d'attaque de 99 et de 70 %. Ernst *et al.* (1989), travaillant dans une savane arborée du Botswana, ont pu montrer que les attaques variaient en fonction des arbres et des années de 10 à 82 %. En analysant ces données, on se rend compte que les bruches constituent un véritable fléau pour les semences forestières. Un autre aspect important, c'est qu'à terme la récolte de graines pour la conservation de semences risquerait de rencontrer des difficultés.

Au vu de toutes ces contraintes, vouloir récolter des semences tout à fait saines dans la nature est presque illusoire ; un bon triage après récolte constitue pratiquement le seul moyen de conserver des semences de qualité. Cependant les moyens courants de triage souvent utilisés ne permettent pas de détecter convenablement toutes les graines parasitées lorsque la larve est en cours de développement à l'intérieur. C'est pourquoi un stock de semences de légumineuses héberge presque inévitablement des graines abritant des larves en développement. Pour des bruches ne pouvant pas se multiplier en stock, c'est peu grave. Mais lorsqu'il s'agit de bruches polyvoltines, capables d'avoir plusieurs générations en condition de stockage, une faible proportion de graines parasitées peut entraîner des destructions importantes (parfois 100 %) El Atta (1993) a par exemple obtenu de son étude sur *Acacia nilotica* des taux d'infestation de 10 % pour les semences sur pied mère, 20 % pour des semences trouvées par terre et 80-90 % pour les semences stockées. Ces résultats montrent que le stockage favorise la multiplication rapide de certaines espèces de bruches comme les caryedons

## ***2.4. Description de quelques méthodes de lutte utilisées en stocks***

Il semble inutile d'insister sur les méthodes de traitements préventifs sur le terrain. Dans le cas d'arbres sélectionnés et spécialement gérés pour la production de semences, l'application d'insecticides sélectifs pendant la floraison ou en début de maturation des gousses peut réduire la primoinfestation des graines. Mais dès lors qu'il s'agit d'arbres et d'arbustes dispersés dans la nature comme dans les peuplements forestiers des zones arides, une telle pratique devient simplement ridicule ; le coût serait d'ailleurs prohibitif. Elle constituerait par ailleurs un grand danger étant donné l'utilisation des produits de l'arbre dans l'alimentation humaine, la nutrition des animaux et la médecine locale

Passant en revue un certain nombre de publications ou de revues scientifiques, on s'aperçoit que les méthodes utilisées pour contrecarrer les bruches sont multiples

### ***a. Méthodes traditionnelles***

Partout où des légumineuses sont traditionnellement cultivées et conservées pour des besoins de nutrition ou de commerce, les populations ont très tôt inventé des techniques empiriques de lutte contre les ravageurs de stocks. Ces méthodes, basées généralement sur des connaissances vagues ou même fortuites, donnent des résultats très mitigés, certaines pouvant être carrément inefficaces.

#### Méthodes mécaniques et physiques

Des pratiques aussi simples que le mélange des graines entreposées avec des poudres minérales ont été décrites comme efficaces contre certaines espèces de bruches. De Luca (1979), dans une perspective de revaloriser certaines méthodes traditionnellement utilisées par les populations du tiers monde, décrit deux propriétés concernant ces poudres minérales. Sur le milieu, elles agissent de façon dissuasive par l'édification d'une barrière qui indispose les ravageurs dans leur circulation ou par une modification des conditions du milieu en bloquant les échanges d'oxygène et d'humidité relative avec l'environnement. Sur l'insecte, ces poudres provoquent une absorption de son eau biologique avec mort par dessiccation et/ou par abrasion de la cuticule.

Le sable et la silice ont donné de bons résultats, l'un pour son effet dissuasif, l'autre pour son action létale (De Luca, 1979). Il est fait cas au Togo d'une utilisation à grande échelle des cendres de bois. Un test de comparaison des cendres d'essences différentes a

identifié celles de *Parkia biglobosa* et de *Azelia africana* comme assurant la meilleure protection (Stoll, 1988).

Certaines tribus indiennes du Mexique pratiquent une méthode physique basée sur une forte insolation des graines pendant plusieurs jours. En suivant l'évolution des ravageurs dans ces graines exposées au soleil, il n'a été constaté aucune destruction des larves mais simplement une accélération du développement larvaire et de l'émergence des adultes (Leroi *et al.*, 1990).

Le stockage hermétique, en réduisant la quantité d'oxygène, peut tuer les insectes par asphyxie et constituerait alors un moyen efficace de lutte (Ndiaye, 1991).

#### Utilisation de produits végétaux :

Dans le tiers monde, beaucoup d'ingrédients végétaux tirés de la nature servent à préparer les graines stockées (De Luca, 1979).

Ndiaye (1991), effectuant des enquêtes dans une localité située dans le département de Thiès, a pu montrer que les produits végétaux les plus utilisés par les paysans sont les feuilles de *Boscia senegalensis*, les brissures d'écorces de *Faidherbia albida*, les feuilles de *Momordica balsamina*, les feuilles de neem, les balles de mil et les graines d'*Adansonia digitata*. Auparavant Alzouma et Boubacar (1985) ont mis en évidence une bonne activité insecticide des feuilles de *Boscia senegalensis* pour la protection du niébé contre *Callosobruchus maculatus* et *Bruchidius atrolineatus*. En Amérique Latine, les populations utilisent des espèces végétales qu'elles trouvent dans leur proche environnement (*Chenopodium ambrosioides*, *Piper sanctum*, *Mentha spp* ..) pour protéger leurs stocks de haricots contre les ravageurs (Leroi *et al.*, 1990).

La liste des végétaux dont les feuilles, l'écorce ou les racines sont utilisées pour préserver les graines de légumineuses des attaques de coléoptères est certainement inépuisable. Chaque peuple, selon sa localisation géographique, trouve forcément autour de lui des espèces végétales qu'il juge efficaces pour la protection de ses stocks vivriers

Les huiles végétales utilisées pour la protection des graines présentent deux formes d'action létale (De Luca, 1979) en détruisant les larves dans les oeufs après pénétration à travers les pores du chorion ou en augmentant la mortalité imaginale par la création d'un film asphyxiant sur la cuticule, obstruant les orifices respiratoires

D'autres produits végétaux sont utilisés sous forme d'aérosols. La fumée dégagée par certaines plantes permet de libérer des composés toxiques ayant une action létale sur les insectes

## ***b. Les méthodes modernes***

### Méthodes physiques :

Les bruches des régions chaudes sont des espèces thermophiles. Des pratiques allant dans le sens de la modification des conditions de l'environnement telles que l'abaissement du taux d'humidité et de la température peuvent s'avérer efficaces pour combattre ces ravageurs (Ndiaye, 1984). A l'ISRA-PF, les graines conservées à 5 °C sont bien protégées (Danthu, com. pers.). Mais pour Leroi *et al* (1990), le meilleur moyen de tuer les larves qui se développent dans les graines est non pas de conserver celles-ci pendant longtemps dans un entrepôt frigorifique mais de les soumettre à des froids intenses de l'ordre de -10 à -30° C pendant un temps limité ; cette technique moins coûteuse aurait montré plus d'efficacité

L'irradiation aux rayons UV, X ou Gamma donne de bons résultats sur l'élimination des bruches (Ndiaye, 1984).

### Les insecticides de synthèse .

Diverses molécules chimiques ont été utilisées pour limiter la pullulation des bruches dans les stocks. Les insecticides de contact donnent de bons résultats, surtout sur les formes adultes. Les plus utilisés sont la deltaméthrine, le bromophos, l'iodofenphos, le dichlorvos, le malathion et les pyréthrinés synergisés (Ndiaye, 1984 , Ndiaye, 1991) Ces insecticides de contact ont cependant l'inconvénient de n'être que peu efficaces contre les formes cachées à l'intérieur des graines. C'est pourquoi le recours à des formulations plus pénétrantes telles que les fumigants a été envisagé. Dans le cas de l'arachide, une fumigation avec le bromure de méthyle (30 g/m<sup>3</sup> de gousses) ou le phosphore d'aluminium (20 g/tonne de gousses) protège de façon efficace contre *Caryedon serratus* (Ndiaye, 1991).

Malheureusement ces insecticides de synthèse, basés généralement sur un seul principe actif, favorisent la sélection de souches résistantes chez les ravageurs

## ***3. Le neem : les vertus de l'arbre***

### ***3.1. Caractéristiques, écologie et usages***

Le neem ou margosa (*Azadirachta indica* A. Juss) est un arbre sempervirent à croissance rapide, de la famille des Meliaceae. Originaire du subcontinent indien, il pousse à l'heure actuelle presque dans toutes les parties du monde sauf en zones froides. L'introduction de la plante en Afrique remonte à 150 ans environ, il a gagné par la suite les Iles du Pacifique,

l'Australie, les Caraïbes, l'Amérique du Sud et l'Amérique Centrale. Le neem est une plante très peu exigeante du point de vue écologique, il arrive même à se développer dans des conditions limites. Il pousse juste avec 150 mm de pluie bien que le développement optimal s'observe entre 450 et 750 mm. Il supporte jusqu'à des températures extrêmes de 50° C. On le rencontre sur des sols peu profonds, pauvres, caillouteux, sableux, peu propices à l'agriculture. Le développement est possible aussi bien en zones basses qu'en altitude jusqu'à 670 m (Ascher, 1993 ; Von Maydell, 1990).

La fructification commence à 3-5 ans. A 10 ans (pleine production), un arbre peut donner jusqu'à 50 kg de fruits par an. La production est saisonnière, habituellement une fois par an ; dans certaines zones (Afrique de l'Ouest), le neem peut produire deux fois dans l'année. Les drupes de neem sont ovoïdes, de 1.5 cm de long, glabres, jaunes à maturité. Elles sont 1600 à 1700 au kilogramme (Adam et Kerharo, 1974).

Le neem fait partie des arbres à multiples usages. Il est surtout utilisé comme arbre d'ombrage, d'alignement ou d'ornement. Un arbre adulte donne jusqu'à 53 m<sup>3</sup> de bois de feu par an ou 20 m<sup>3</sup> de perches. Au Nigeria, le neem rentre dans la reconstitution des sols dégradés. En Inde, l'huile est utilisée pour la fabrication de produits pharmaceutiques (savon, pâtes dentifrices, pommades dermatologiques, shampooing) et pour l'éclairage. Les feuilles contiennent 15 % de protéines et ont la même valeur nutritive que les feuilles de légumineuses. Elles conviennent aux chameaux et aux chèvres, les autres herbivores n'étant découragés que par l'amertume. Les différents organes du neem font l'objet d'une grande utilisation en médecine locale et en lutte phytosanitaire.

### ***3.2. Pouvoir pesticide : niveau d'utilisation en protection des végétaux***

Le neem est très largement utilisé pour lutter contre les ravageurs des cultures. Plus de 200 espèces d'insectes nuisibles, d'acariens, de nématodes lui sont sensibles. L'arbre produit plus de 30 composés bioactifs, le plus puissant d'entre eux étant l'azadirachtine (ICRAF, 1995). Cette limonoïde végétale a été isolée par Butterworth et Morgan en 1968 mais la dénomination complète de sa structure n'a été acquise que 17 ans plus tard avec Kraus *et al* (1985) et Broughton *et al*. (1986)

Les principes actifs du neem agissent surtout comme inhibiteurs de croissance et comme antiappétants sur les insectes et autres organismes sensibles. Ils ont été signalés aussi

comme répulsifs contre certaines espèces de ravageurs (Rembold, 1989 , Saxena, 1989) La teneur en azadirachtine varie selon l'environnement, le meilleur rendement obtenu a été de 10 g par kg d'amande (Schmutterer, 1990).

Différents organes de l'arbre sont utilisés pour la lutte phytosanitaire, à l'état brut ou transformés. Il s'agit notamment des feuilles sèches, des graines entières, des graines décortiquées, des amandes, des tourteaux et de l'huile. L'huile de neem, à une dose de 5-10 ml par kg sur niébé a assuré la protection pendant 6 mois contre *Callosobruchus maculatus* (Daniel & Smith, 1990). En condition de laboratoire, Sowunmi et Akinnusi (1983) ont protégé le niébé contre cette même espèce pendant 8 mois avec la poudre d'amande Les tourteaux constituent un engrais à haut pouvoir insecticide sur les termites et autres insectes du sol (Von Maydell, 1990).

L'azadirachtine est réputée aussi avoir des effets antimicrobiens et antifongiques Les constituants non volatils, thermolabiles de la feuille n'affectent pas la croissance d'*Aspergillus flavus* et d'*Aspergillus parasiticus* mais peuvent complètement inhiber la production d'aflatoxine (Bhatnagar, 1990).

L'exploitation industrielle de l'azadirachtine et des autres principes actifs du neem a donné naissance à plusieurs produits. Cependant la complexité de la nature des constituants du neem empêche leur reproductibilité en masse par voie de synthèse En Inde le RD-9 Repelin® et le Wellgro® se sont révélés efficaces contre les insectes du tabac, le Biosol® et le Nimbosol® pour le contrôle des mouches blanches. Il y a eu aussi une génération de formulations granulées enrichies en azadirachtine telles que le Neemrich® et le Neemark® qui ont fait leurs preuves dans la protection des cultures. Aux USA, une formulation d'extraits d'amande de neem concentrée, enrichie à l'azadirachtine (0.3 % azadirachtine et 14 % huile de neem) et connue sous le nom de Margosan-O®, est utilisée sur les denrées non alimentaires et les plantes ornementales. Tout récemment, l'*Azatin*® est apparue comme formulation à base de neem aux USA (Ascher, 1993).

Les produits dérivés du neem sont de courte rémanence et ne génèrent aucun résidu dangereux pour la santé ou l'environnement Leur non-toxicité envers les organismes non ciblés (animaux à sang chaud et insectes utiles) fait de ces composés du neem un insecticide idéal (Saxena, 1989). En outre, les chances pour les organismes cibles de développer une résistance sont réduites à cause de la complexité et de la multiplicité des composés bioactifs Jusqu'à présent aucun cas de résistance au neem n'a été signalé (Ascher, 1993)

#### ***4. Conclusions***

Les légumineuses forestières ont joué des rôles essentiels dans les sociétés traditionnelles de l'Afrique de l'Ouest et doivent occuper une place privilégiée dans les orientations agroforestières du futur.

La prédation qui sévit sur ces arbres et arbustes, aidée par des conditions naturelles souvent défavorables, limite gravement leur capacité de régénération.

La lutte contre les bruches a parfois mobilisé des moyens certes efficaces mais qui à la limite peuvent être antiéconomiques ou dangereux pour notre santé et notre environnement. La recherche de produits naturels peu coûteux et non polluants pour protéger les stocks de semences forestières contre ces ravageurs est devenue une préoccupation majeure.

Le neem est éprouvé comme un arbre comportant une multitude de composés bioactifs, sans être toxique envers les organismes non ciblés ou polluant pour l'environnement. Une étude plus approfondie mérite donc d'être faite sur cet arbre en vue d'une exploitation optimale de son potentiel pesticide.

## **MATERIEL ET METHODES**

## MATERIEL ET METHODES

### *1. Matériel végétal*

Les graines des espèces hôtes : les gousses d'*Acacia nilotica* var. *adansonii* ont été récoltées le 10 avril 1996 à Bandia (14° 36' N-17° 02' W). Celles d'*Acacia raddiana*, récoltées le 8 avril 1996, proviennent de Dahra (15° 20' N-15° 37' W) Les gousses de *Tamarindus indica*, achetées sur les marchés de Dakar, viennent généralement du Mali (région de Mopti) Ces gousses sont écosées et les graines conservées au froid (5° ± 1° C, 55 % ± 5 % RH) après triage.

Les feuilles de neem : elles ont été récoltées le 5 juillet 1996 sur des sujets âgés de 3 ans dans un essai de comparaison de provenances mis en place dans la station de Bambey Trois provenances : une sénégalaise (Bandia), une indienne (Devanahally) et une thaïlandaise (Khao Luang) ont été utilisées pour faire les tests Les feuilles fraîches sont broyées à l'aide d'un mixeur type Moulinex et la pâte résultante est déposée dans les différentes boîtes de Petri

Les amandes de neem . elles ont été extraites de fruits mûrs sur pied mère et de fruits tournant du vert au jaune, récoltés à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de Thiès. Le passage au mixeur donne une purée qu'on mélange par la suite aux graines en présence des insectes.

L'huile de neem : elle est produite de façon artisanale par une Organisation Non Gouvernementale, la Fondation Internationale pour le Développement (FID) à Potou, près de Louga (15° 37' N-16° 13' W). L'huile utilisée pour les tests date de mai 1996, elle a été fabriquée avec des graines stockées depuis moins d'un an L'efficacité de cette huile est appréciée relativement à celle de l'huile d'arachide et d'une pyréthrianoïde de synthèse, la K-Othrine® (m.a. = deltaméthrine).

### *2. Elevage des insectes*

Les insectes utilisés dans les tests sont élevés au Laboratoire de Protection des Stocks de l'ORSTOM-ITA. La souche de *Caryedon acaciae* a été obtenue de deux récoltes, l'une faite à Mbour (14° 24' N-16° 58' W), l'autre à Popenguine (14° 34' N-17° 07' W) La souche de

*Caryedon longispinosus* provient de Déali (15° 03' N-15° 42' W) Celle de *Caryedon serratus* a été obtenue de graines d'arachides provenant de Keur Baka à 22 km de Kaolack (14° 09' N-16° 04' W). Elles sont maintenues au laboratoire depuis environ 10 générations

L'élevage vise un maintien des souches afin d'avoir un nombre suffisant de sujets à temps voulu. On introduit régulièrement des adultes mâles et femelles préalablement nourris de pelotes de pollen et d'eau distillée dans des boîtes de Petri en verre avec des graines d'*Acacia nilotica* pour *Caryedon acaciae*, d'*Acacia raddiana* pour *Caryedon longispinosus* et d'arachide (*Arachis hypogaea*) pour *Caryedon serratus*. Trois jours après, les boîtes contenant les graines avec des oeufs sont introduites dans une enceinte climatisée à 33° C et à 60 % d'humidité relative

Pour une meilleure récupération des cocons, il a été utilisé le système des bocaux imbriqués. Ce dispositif comprend deux bocaux en plastique dont celui de l'intérieur est perforé de petits trous dont le diamètre est adapté à la taille des larves, l'autre contenant du sable. Les graines présentant des oeufs éclos sont introduites dans le premier bocal (perforé). Les larves L4 qui sortent des graines, en se déplaçant pour chercher un site de nymphose, passent à travers les trous et tombent dans le sable au fond du deuxième bocal. Après nymphose, les cocons recouverts de grains de sable offrent une meilleure protection. La récupération des cocons se fait deux fois par semaine en tamisant le sable. Ils sont mis dans des boîtes de Pétri en verre et placés dans l'enceinte climatisée (33° C et 60 % d'humidité relative) jusqu'à l'émergence des adultes. Ceux-ci servent alors pour les tests et une partie est réutilisée pour l'obtention d'une nouvelle génération.

### ***3. Etude des effets insecticides***

Ces études sont menées dans des boîtes de Pétri en verre de 9 cm de diamètre. Le nombre de graines par boîte dépend de leur taille : 50 pour *Tamarindus indica*, 100 pour *Acacia nilotica* et 200 pour *Acacia raddiana*. Pour les produits solides, trois doses calculées par rapport au poids des graines sont testées : 0,5 %, 2 % et 10 % contre un témoin. Avec l'huile, les concentrations sont 0,005 ml/g, 0,01 ml/g et 0,02 ml/g, plus un témoin. La K-Othrine® est testée à  $2,5 \times 10^{-5}$  g/g,  $5 \times 10^{-5}$  g/g, et  $1 \times 10^{-4}$  g/g. Après avoir mis le nombre exact de graines à l'aide d'un compteur Numigral, chaque boîte de Pétri pesée reçoit la quantité correspondante de produit. Les boîtes sont ensuite étiquetées et stockées à température ambiante ( $30 \pm 5^\circ$  C) et à la lumière du jour.

Effet adulticide : trois mâles et trois femelles jeunes (âgés de moins de 4 jours) sont déposés dans les boîtes. Le comptage des morts se fait tous les jours jusqu'au 4<sup>e</sup>, puis aux 7<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> jours. Au dernier jour de comptage, on relève le nombre d'oeufs éclos et non éclos pour voir l'effet des produits sur la ponte et avoir une idée sur la viabilité des oeufs déposés

Effet larvicide : six larves L4 sont mises dans les boîtes de Pétri contenant les différents produits. Le nombre de morts est relevé comme dans le cas précédent. Le comptage s'arrête aussitôt si toutes les larves survivantes font leurs cocons.

Effet ovicide : après avoir mis des adultes à pondre pendant 2 jours, les graines portant les oeufs reçoivent les différentes doses d'huile. Après 10 jours, le nombre d'oeufs éclos est relevé et rapporté en pourcentage du nombre d'oeufs total. Il permettra de calculer la proportion d'oeufs tués.

La persistance d'action insecticide de l'huile de neem est testée par la suite à 6, 8, 15 et 20 semaines. La DL50 (dose tuant 50 % de la population) après 24 h est calculée en utilisant la méthode des probits de Finney (1971) : 2 doses intermédiaires (0.0075 ml/g et 0.015 ml/g) étaient alors nécessaires.

#### ***4. Etude des effets répulsifs***

L'appareil expérimental en verre (Annexe II) comprend un couloir (20 cm x 10 cm x 5 cm) relié à deux abris (10 cm x 10 cm x 20 cm). Il est placé perpendiculairement à un flux laminaire horizontal ; l'air passe d'abord par les deux abris et arrive ensuite au milieu du tube où les insectes sont déposés au début de l'expérience. Selon la nature du produit, on dépose dans un creuset 2 g de substance solide ou 5 ml d'huile. Le creuset est toujours placé à l'abri gauche. Six insectes adultes sont posés au centre du couloir à travers une fenêtre. Après une heure à l'obscurité, on note la position des insectes pour voir s'il y a une direction préférentielle. Les résultats obtenus sont comparés à ceux d'un témoin (sans substance) effectué auparavant.

#### ***5. Tests de germination***

L'effet protecteur recherché au niveau des produits du neem n'aura d'intérêt que s'ils n'affectent pas la capacité germinative des graines protégées. C'est pourquoi un test de germination comparant des graines saines non protégées à des graines protégées par l'huile a été envisagé. 100 graines sont scarifiées manuellement et mises à germer dans des boîtes de

germination (17,5 cm x 11 cm x 5,5 cm) avec au fond 1 cm de sable stérilisé (Danthu *et al.*, 1996). Le comptage est effectué les 8 jours qui suivent le semis. La germination est effective lorsqu'on observe la sortie de la radicule du tégument de la graine (Côme, 1967). Cette capacité germinative est étudiée en comparaison à celle des graines protégées avec de l'huile d'arachide et la K-Othrine®.

## ***6. Dispositifs expérimentaux et analyses statistiques***

Les données recueillies au niveau des différents essais sont analysées avec le logiciel STATITCF. Le dispositif expérimental utilisé est "blocs aléatoires complets" avec un seul facteur étudié qui est le traitement, le facteur bloc (4 niveaux ou répétitions) est contrôlé. Pour l'étude des effets insecticides, les trois couples parasite/hôte sont traités séparément à cause des différences de comportement qui existent chez les trois espèces de *Caryedon* et de la variabilité liée au poids des graines. Le test F compare les différents niveaux du facteur étudié, s'il existe des différences significatives entre eux ( $P < 5\%$ ), le test de Newman-Keuls (5%) fait ressortir les groupes homogènes. La comparaison des pourcentages se fait après transformation angulaire (Dagnélie, 1975).

## **RESULTATS**

## RESULTATS

### *1. Effets insecticides*

#### *1.1. Les feuilles de neem*

L'expérience sur le couple *Caryedon longispinosus*/*Acacia raddiana* n'a pas montré d'action adulticide (Tableau 2). Les différentes doses testées, toutes provenances confondues, ne produisent pas une mortalité différente entre elles et par rapport au témoin. Le nombre élevé d'oeufs éclos noté au niveau de tous les traitements indique que les feuilles de neem n'ont pas empêché la ponte ou eu d'action sur la viabilité des oeufs déposés.

Chez *Caryedon acaciae* et *Caryedon serratus* élevés respectivement sur *Acacia nilotica* et *Tamarindus indica*, seule la provenance thaïlandaise (Khao Luang) a montré un effet adulticide supérieur à celui du témoin. Le nombre d'oeufs éclos reste cependant à un niveau élevé pour les deux espèces.

Les larves issues de ces trois essais se sont ensuite développées normalement et ont fait leurs cocons.

#### *1.2. Les amandes*

D'une manière générale, les amandes fraîches de neem broyées n'ont pas eu d'action insecticide sur les trois espèces de bruches étudiées (Tableaux 3, 4, 5). Néanmoins, à la dose de 10 % du poids des graines, les amandes mûres induisent une mortalité plus importante que les autres traitements chez *Caryedon serratus*. Chez *Caryedon longispinosus*, et *Caryedon acaciae*, on n'a pas mis en évidence une activité létale des amandes, des différences significatives entre les traitements et le témoin n'ont pas été observées.

L'action des amandes sur le comportement de ponte des femelles varie selon les espèces de *Caryedon* et la dose de produit. Chez *Caryedon serratus*, la dose de 10 % inhibe complètement l'oviposition durant la première semaine (0 00° pour les amandes mûres, 0.50° pour les amandes non mûres contre 35.5<sup>b</sup> pour le témoin). Au niveau des autres traitements (doses inférieures à 10 %), la ponte égale ou dépasse celle observée dans le traitement témoin.

Tableau 2 . Effets des feuilles de neem fraîches sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon acaciae* , *Caryedon longispinosus* et *Caryedon serratus* selon trois provenances de neem testées à trois doses différentes : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1 , 2 , 3 , 4 , 7 , et 10 jours, ponte : nombre d'oeufs éclos après 10 jours d'incubation

	<i>Caryedon acaciae</i>							<i>Caryedon longispinosus</i>							<i>Caryedon serratus</i>						
	1	2	3	4	7	10	Ponte	1	2	3	4	7	10	Ponte	1	2	3	4	7	10	Ponte
Ba- 0.5%	0.00 a	0.00 b	0.00 c	0.00 c	1.50 b	2.25 b	63.00 abc	0.00	0.00	0.25	1.50	3.50 a	4.50 a	70.00	0.00	0.00 b	0.00 b	0.00 a	0.50 b	1.25 a	26.75
Ba- 2%	0.00 a	0.25 b	0.25 c	0.50 c	0.75 b	1.00 b	34.50 c	0.00	0.00	0.50	0.75	3.25 a	5.25 a	74.25	0.00	0.00 b	0.00 b	0.75 a	1.50 b	2.50 a	15.50
Ba- 10%	0.00 a	0.00 b	0.00 c	0.25 c	1.25 b	2.75 b	66.25 abc	0.00	0.00	0.25	1.50	4.25 a	4.50 a	64.75	0.00	0.00 b	0.00 b	0.00 a	2.00 ab	3.75 a	21.75
De- 0.5%	0.00 a	0.00 b	0.00 c	0.00 c	0.25 b	1.75 b	79.00 abc	0.00	0.00	0.25	0.50	5.75 a	6.00 a	39.75	0.00	0.00 b	0.00 b	0.00 a	0.00 b	1.00 a	32.25
De- 2%	0.00 a	0.00 b	0.00 c	0.00 c	0.00 b	2.25 b	100.00 a	0.00	0.25	0.50	0.75	5.25 a	5.75 a	49.00	0.00	0.00 b	0.00 b	1.25 a	1.50 b	1.50 a	19.25
De- 10%	0.00 a	0.00 b	0.00 c	0.00 c	0.50 b	1.75 b	108.50 a	0.00	0.00	0.00	0.25	5.75 a	6.00 a	62.00	0.00	0.00 b	0.00 b	1.00 a	1.25 b	1.75 a	34.25
Kl- 0.5%	0.00 a	1.75 a	1.75 a	2.50 a	3.75 a	6.00 a	50.00 bc	0.00	0.00	0.00	0.25	3.25 a	5.00 a	122.50	0.00	0.75 a	0.75 b	0.75 a	1.25 b	2.25 a	44.25
Kl- 2%	0.50 a	0.75 b	0.75 bc	1.00 bc	4.25 a	5.25 a	59.75 abc	0.00	0.00	0.75	1.25	3.00 a	5.50 a	91.75	0.00	0.00 b	0.50 b	1.50 a	2.75 a	3.75 a	13.25
Kl- 10%	0.75 a	1.00 b	1.00 ab	1.75 ab	4.00 a	5.00 a	29.75 c	0.00	0.25	0.50	1.00	5.25 a	5.75 a	75.50	1.00	0.50 ab	1.50 a	1.75 a	2.00 b	2.50 a	38.50
T	0.00 a	0.25 b	0.25 c	0.75 bc	1.50 b	3.00 b	87.75 ab	0.00	0.00	0.50	0.00	3.50 a	5.25 a	75.50	0.00	0.00 b	0.25 b	1.00 a	1.75 b	2.75 a	21.00
F	2.40	5.25	8.35	6.43	16.79	10.07	5.63		0.86	1.24	1.16	3.88	2.27	1.37	1.00	5.34	9.21	3.04	2.66	2.62	1.18
	*	***	***	***	***	***	***		NS	NS	NS	**	*	NS	NS	***	***	*	*	*	NS

Ba- Bandia (Sénégal). De- Devanahally (Inde), Kl- Khao Luang (Thaïlande). T- témoin, F- test Fischer

\* Significatif à  $p < 0,05$

\*\* Significatif à  $0,01 < p < 0,05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0,001$

NS Non significatif

Les lettres a , b , c désignent les groupes homogènes ( test de Newman-Keuls)

Tableau 3 : Effet des amandes de neem sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon acaciae* (semaine 1) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
AM- 0.5 %	0.25	0.50	0.75	1.50	3.25 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>bc</sup>	14.25 <sup>b</sup>	11.50 <sup>a</sup>
AM- 2 %	0.75	1.00	1.75	2.50	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	9.75 <sup>b</sup>	7.50 <sup>a</sup>
AM- 10 %	0.00	0.50	0.75	0.75	1.25 <sup>b</sup>	2.00 <sup>c</sup>	30.75 <sup>ab</sup>	6.75 <sup>a</sup>
AN- 0.5 %	0.25	1.25	1.75	2.00	2.75 <sup>ab</sup>	3.25 <sup>bc</sup>	33.75 <sup>ab</sup>	26.00 <sup>a</sup>
AN- 2 %	0.00	0.00	0.50	2.50	3.25 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>bc</sup>	26.75 <sup>ab</sup>	18.00 <sup>a</sup>
AN- 10 %	0.25	0.75	0.75	2.25	2.75 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>bc</sup>	23.25 <sup>ab</sup>	19.75 <sup>a</sup>
T	0.00	0.75	1.50	2.50	3.75 <sup>ab</sup>	4.50 <sup>ab</sup>	47.25 <sup>a</sup>	26.75 <sup>a</sup>
F	1.20 NS	1.13 NS	0.97 NS	0.91 NS	4.13 **	5.87 **	3.82 *	3.60 *

AM = amandes mûres, AN = amandes non mûres, T = témoin, F = test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$ , \*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$ , \*\*\* Significatif à  $p < 0.001$ , NS Non significatif

Tableau 4 : Effet des amandes de neem de stades de maturité différents sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon longispinosus* (semaine 1) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
AM- 0.5 %	0.00 <sup>b</sup>	0.00	0.75 <sup>ab</sup>	2.25 <sup>ab</sup>	4.00	5.00	115.25 <sup>a</sup>	89.50 <sup>a</sup>
AM- 2 %	0.00 <sup>b</sup>	0.50	1.50 <sup>ab</sup>	2.50 <sup>ab</sup>	3.50	4.75	66.75 <sup>b</sup>	44.25 <sup>b</sup>
AM- 10 %	0.75 <sup>a</sup>	1.75	3.00 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	5.00	5.75	21.50 <sup>c</sup>	10.50 <sup>c</sup>
AN- 0.5 %	0.00 <sup>b</sup>	0.00	0.50 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>b</sup>	4.75	5.75	80.00 <sup>b</sup>	59.00 <sup>b</sup>
AN- 2 %	0.00 <sup>b</sup>	0.25	0.25 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	5.00	5.00	75.75 <sup>b</sup>	52.50 <sup>b</sup>
AN- 10 %	0.75 <sup>a</sup>	1.75	2.25 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	5.00	5.00	27.25 <sup>c</sup>	11.00 <sup>c</sup>
T	0.00 <sup>b</sup>	0.75	1.00 <sup>ab</sup>	1.75 <sup>ab</sup>	4.50	5.75	127.00 <sup>a</sup>	109.25 <sup>a</sup>
F	7.11 ***	2.22 NS	2.96 *	4.09 **	1.90 NS	0.68 NS	30.05 ***	23.01 ***

AM = amandes mûres, AN = amandes non mûres, T = témoin, F = test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$ , \*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$ , \*\*\* Significatif à  $p < 0.001$ , NS Non significatif

Tableau 5 : Effet des amandes de neem de stades de maturité différents sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon serratus* (semaine 1) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
AM- 0.5 %	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>d</sup>	1.00	1.50 <sup>cd</sup>	91.50 <sup>a</sup>	69.50 <sup>a</sup>
AM- 2 %	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.25	1.50 <sup>cd</sup>	48.75 <sup>bc</sup>	25.75 <sup>bc</sup>
AM- 10 %	2.25 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	5.25	5.75 <sup>a</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>c</sup>
AN- 0.5 %	0.00 <sup>b</sup>	0.50 <sup>cd</sup>	0.50 <sup>cd</sup>	0.50 <sup>cd</sup>	1.00	1.25 <sup>cd</sup>	23.25 <sup>cd</sup>	17.25 <sup>bc</sup>
AN- 2 %	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.25 <sup>d</sup>	0.50 <sup>cd</sup>	1.75	2.50 <sup>bc</sup>	29.50 <sup>cd</sup>	21 <sup>bc</sup>
AN- 10 %	0.00 <sup>b</sup>	1.75 <sup>b</sup>	2.00 <sup>b</sup>	2.25 <sup>b</sup>	2.75	3.25 <sup>b</sup>	1.25 <sup>d</sup>	0.50 <sup>c</sup>
T	0.00 <sup>b</sup>	1.25 <sup>bc</sup>	1.25 <sup>bc</sup>	1.25 <sup>c</sup>	2.50	3.00 <sup>b</sup>	63.50 <sup>b</sup>	33.50 <sup>b</sup>
F	22.09 ***	14.06 ***	48.40 ***	43.24 ***	0.83 NS	18.51 ***	16.68 ***	12.10 ***

AM = amandes mûres, AN = amandes non mûres, T = témoin, F = test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$ , \*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$ , \*\*\* Significatif à  $p < 0.001$ , NS Non significatif

Tableau 6 : Effet des amandes de neem de stades de maturité différents sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon serratus* (semaine 2) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
AM- 10 %	0.00	0.00	0.25	0.50	0.75	1.75	36.00	16.75
AN- 10 %	0.00	0.00	0.00	1.00	1.25	3.00	31.75	15.25
T	0.00	0.00	0.00	0.50	1.25	1.25	49.75	27.75
F	-	-	1.00 NS	1.12 NS	0.40 NS	1.70 NS	2.43 NS	1.84 NS

AM = amandes mûres, AN = amandes non mûres, T = témoin, F = test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$ , \*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$ , \*\*\* Significatif à  $p < 0.001$ , NS Non significatif

La ponte de *Caryedon longispinosus* est réduite par les deux types d'amandes, appliquées aux doses de 2 et 10 % du poids des graines. Le nombre d'oeufs au niveau du traitement 0.05 % n'est pas différent de celui du témoin.

*Caryedon acaciae* est l'espèce la moins sensible à l'action des amandes. Les femelles en contact avec les différentes doses du produit ont déposé un nombre d'oeufs égal à celui observé dans le témoin.

Le test de persistance fait avec *Caryedon serratus* dans la deuxième semaine de protection ne montre plus de différence entre le traitement à 10 % d'amande et le témoin de référence (Tableau 6).

### ***1.3. L'huile de neem***

Les données brutes sur les tests adulticides proviennent des essais de Cardet (1996) qui a fait le suivi des expériences jusqu'à trois mois et demi.

#### ***a. Action adulticide***

L'activité létale de l'huile de neem sur *Caryedon acaciae* est perceptible si on compare les trois doses testées au témoin mais aussi à la K-Othrine® (Figure 1). Après 24 h de contact, on note une mortalité nulle dans le témoin alors que l'huile de neem à 0.02 ml/g provoque une mortalité de 95.83 %, comme la K-Othrine® utilisée à la dose de  $1 \times 10^{-4}$  g/g. Dès le 2<sup>e</sup> jour, cette mortalité atteint 100 %. A 0.01 ml/g, l'huile de neem tue à 58.33 % les adultes au premier jour et à 100 % le 10<sup>e</sup> jour. Pour la concentration de 0.005 ml/g, la mortalité passe de 12.50 % le premier jour à 95.83% le 10<sup>e</sup> jour.

Comparée à l'huile de neem, l'huile d'arachide à concentrations égales, a un effet adulticide moins marqué le premier jour sur *Caryedon acaciae*. Mais à partir du 2<sup>e</sup> jour, cette différence s'amenuise, sauf à la concentration de 0.005 ml/g.

Au 10<sup>e</sup> jour de contact, le taux de mortalité atteint 100 % pratiquement pour tous les traitements, excepté le témoin qui est à 33 % environ.

La ponte est quasi nulle au niveau des différents traitements en comparaison à celle obtenue dans le témoin qui est en moyenne de 113 oeufs par boîte dont 107 éclos (Annexe III Tableau 1).

Sur *Caryedon longispinosus*, on observe la même tendance générale, sauf qu'au premier jour, l'huile d'arachide produit le même effet adulticide que celle de neem à 0.02 ml/g. Mais à faibles doses, l'huile de neem reste plus efficace que l'huile d'arachide (Figure 2 et Annexe III Tableau 2).

L'effet adulticide de l'huile de neem sur *Caryedon serratus* est indiqué par la figure 3 et le tableau 3 de l'annexe III. A la dose de 0.02 ml/g, l'huile d'arachide a le même effet insecticide que celle de neem. Aux faibles concentrations, l'huile de neem montre plus d'efficacité le premier jour

*L'huile de neem a une action létale sur les adultes des trois espèces de Caryedon, aux différentes doses testées. A 0.02 ml/g, elle provoque la même mortalité à 24 h que l'huile d'arachide en général mais a une meilleure efficacité pour les doses les plus faibles. Cette constatation est d'ailleurs confirmée par les évaluations des DL50. Pour l'huile de neem, elle est de 0.010 ml/g chez Caryedon acaciae, 0.007 ml/g chez Caryedon longispinosus et 0.011 ml/g chez Caryedon serratus, tandis que pour l'huile d'arachide, elle est dans le même ordre de 0.024 ml/g, 0.014 ml/g et 0.016 ml/g. La K-Othrine® a une DL50 adulte de  $4.97 \times 10^{-5}$  g/g chez Caryedon acaciae,  $3.24 \times 10^{-5}$  g/g pour Caryedon longispinosus et  $4.60 \times 10^{-5}$  g/g chez Caryedon serratus (Annexe IV).*

### ***b. Action larvicide***

Les deux huiles ont une action larvicide marquée dès le premier jour de contact alors que la K-Othrine® met plus de temps pour tuer les larves. En effet, les DL50 (après 24 h) larvaires de l'huile de neem et de l'huile d'arachide sont inférieures à leurs DL50 adultes, ce qui n'est pas le cas avec la K-Othrine®. Elles sont respectivement 0.006 ml/g et 0.007 ml/g chez *Caryedon acaciae*, 0.001 ml/g et 0.003 ml/g chez *Caryedon longispinosus*, 0.006 ml/g et 0.008 ml/g chez *Caryedon serratus*. Pour la K-Othrine®, les DL50 larvaires sont  $2.16 \times 10^{-4}$  g/g chez *Caryedon acaciae*,  $5.57 \times 10^{-5}$  g/g chez *Caryedon longispinosus* et  $1.76 \times 10^{-4}$  g/g chez *Caryedon serratus* (Annexe IV), ces valeurs sont supérieures à celles des DL50 adultes.

*L'huile de neem a une meilleure efficacité larvicide que l'huile d'arachide, à concentrations égales. Pour la K-Othrine®, la DL50 des larves est supérieure à celle des adultes.*

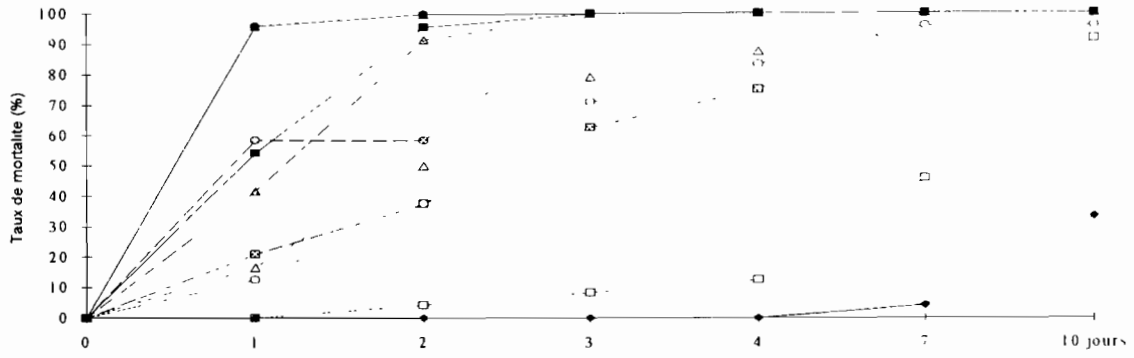


Figure 1 Evolution de la mortalité de *Caryedon acaciae* (semaine 1)

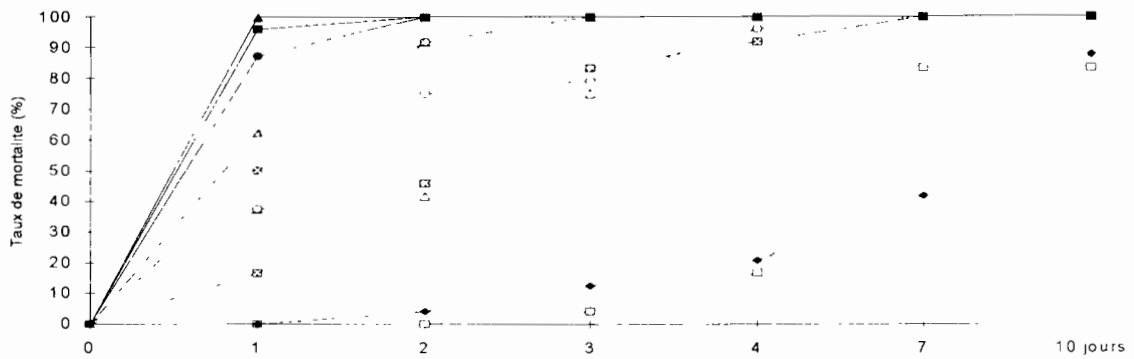


Figure 2 Evolution de la mortalité de *Caryedon longispinosus* (semaine 1)

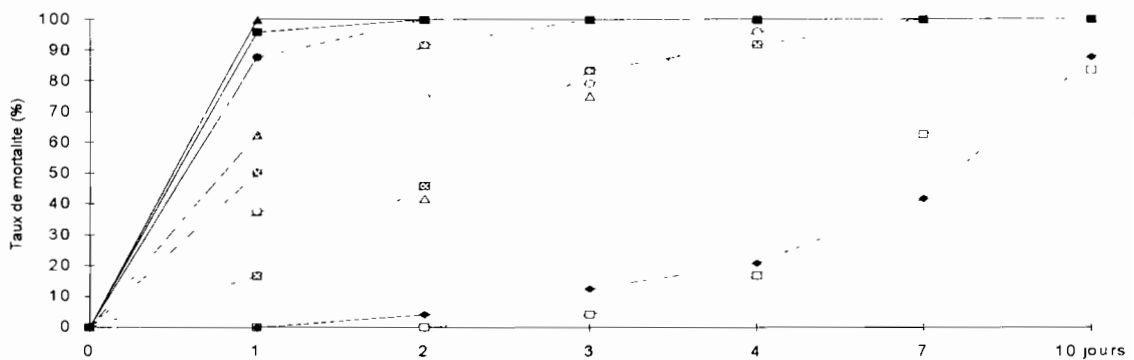
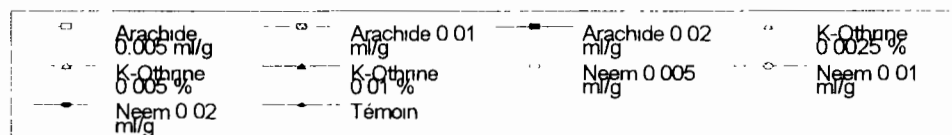


Figure 3 Evolution de la mortalité de *Caryedon serratus* (semaine 1)



### ***c. Action ovicide***

Les résultats des tests ovicides portant sur *Caryedon longispinosus* et *Caryedon serratus* sont mentionnés dans le tableau 7. L'huile de neem, de même que l'huile d'arachide, tue une bonne proportion des oeufs chez les deux espèces de bruches, aux trois concentrations testées. La K-Othrine® n'a aucun effet ovicide, même à la plus forte dose.

### ***d. Persistance d'action***

Les tests de persistance effectués par Cardet (1996) avaient montré que l'huile de neem perd sa propriété adulticide à partir de 6 semaines sur l'ensemble des trois espèces mais conserve sa fonction régulatrice sur la ponte et la viabilité des oeufs. Or les tests de persistance menés tout dernièrement ont démontré qu'à 5 mois, l'huile de neem, autant que l'huile d'arachide, tue les adultes de *Caryedon longispinosus* en quelques jours aux concentrations de 0.01 et 0.02 ml/g (Figure 5 et Annexe III tableau 5) *Caryedon acaciae* et *Caryedon serratus* aussi restent encore sensibles à l'huile de neem mais seulement à la dose de 0.02 ml/g alors que l'huile d'arachide, à la même concentration, perd son activité adulticide sur ces deux espèces (Figures 4 et 6 et Annexe III Tableaux 4 et 6).

La K-Othrine®, à  $1 \times 10^{-4}$  g/g reste encore efficace contre les trois espèces de *Caryedon* après 5 mois de contact.

***L'huile de neem conserve son activité adulticide jusqu'à 5 mois au moins à la dose de 0.02 ml/g pour les trois espèces de Caryedon. La concentration de 0.01 ml/g reste efficace contre Caryedon longispinosus.***

## ***2. Effets répulsifs***

Le test de comparaison regroupant les divers produits du neem et un témoin n'a pas révélé de différence significative. Chez les trois espèces de bruches, la propriété répulsive du neem n'a pas été mise en évidence (Tableau 8). Les insectes se répartissent au hasard, c'est à dire qu'ils empruntent la direction gauche ou droite de manière purement aléatoire. L'abri gauche qui contient les produits testés ne reçoit pas un nombre significativement plus petit d'insectes.

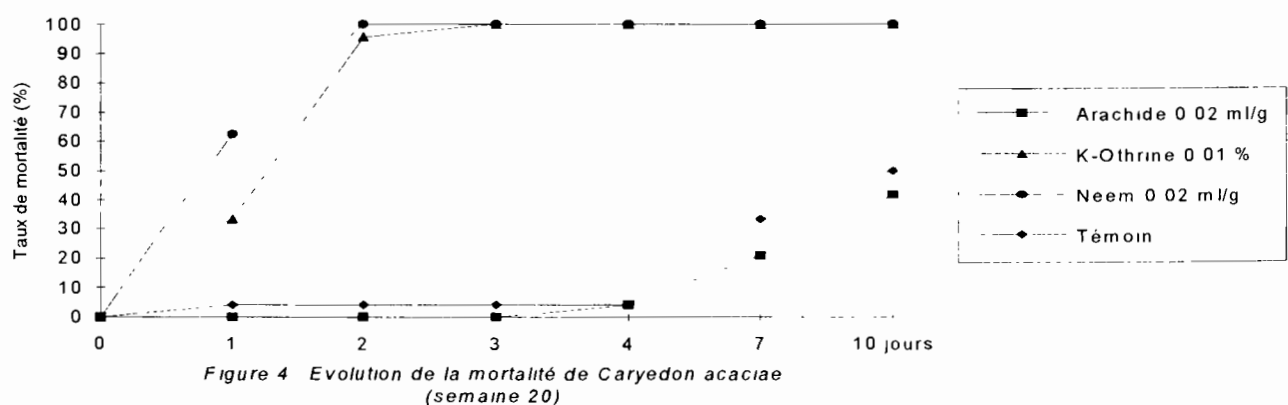
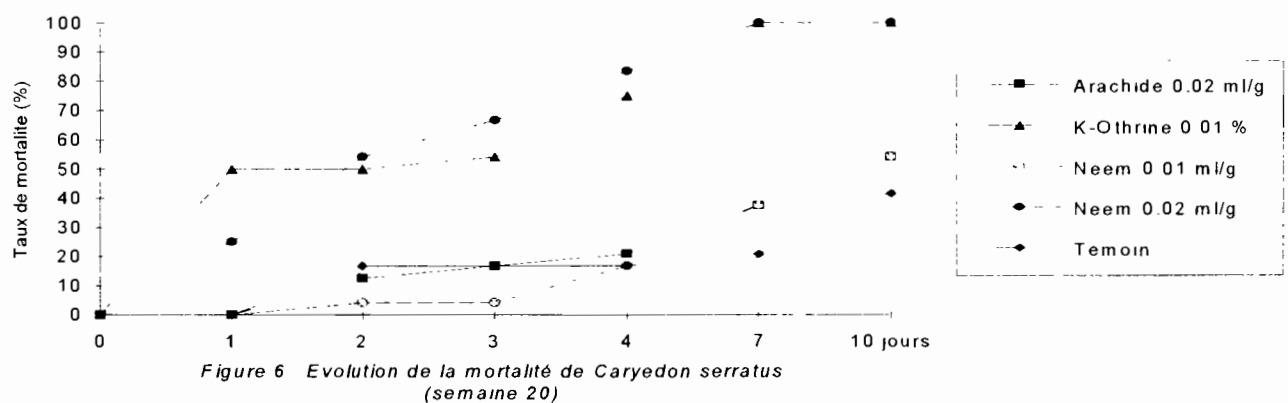
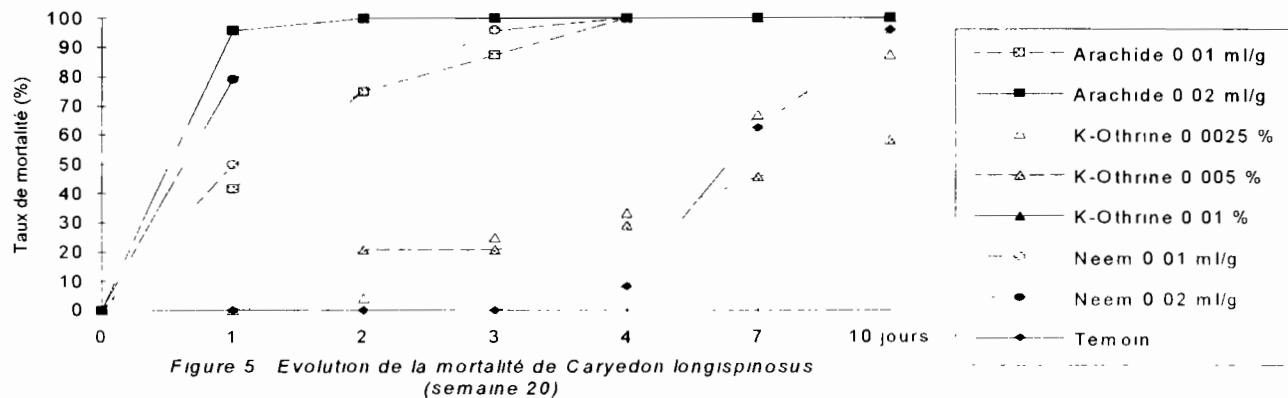


Tableau 7 : Effet ovicide de l'huile d'arachide, de l'huile de neem et de la K-Othrine sur *Caryedon longispinosus* et *Caryedon acaciae*

		Mortalité des oeufs (%)	
		<i>Caryedon longispinosus</i>	<i>Caryedon serratus</i>
Huile d'arachide	0.005 ml g <sup>-1</sup>	72 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>
	0.010 ml g <sup>-1</sup>	75 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>
	0.020 ml g <sup>-1</sup>	61 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>
K-Othrine	2.5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	13 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup>
	5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	11 <sup>b</sup>	72 <sup>b</sup>
	1 x 10 <sup>-4</sup> g g <sup>-1</sup>	12 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup>
Huile de neem	0.005 ml g <sup>-1</sup>	70 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>
	0.010 ml g <sup>-1</sup>	60 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>
	0.020 ml g <sup>-1</sup>	87 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>
Témoin		09 <sup>b</sup>	64 <sup>b</sup>
F		17 93 ***	26 05 ***

\*\*\* Significatif à p < 0.001

Les lettres en exposant désignent les groupes homogènes

Tableau 8 : Test de l'effet répulsif des produits du neem sur les trois espèces de *Caryedon* : nombre moyen d'insectes dans chaque partie du dispositif (G- Gauche, C- Centre, D- Droite)

		<i>Caryedon acaciae</i>			<i>Caryedon longispinosus</i>			<i>Caryedon serratus</i>		
		G	C	D	G	C	D	G	C	D
Amandes	mûres	1.25	1.50	3.25	3.00	0.50	2.50	3.25	0.25	2.50
	non mûres	3.00	0.50	2.50	3.00	0.50	2.50	4.00	0.00	2.00
Feuilles	Bandia	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.25	2.25	0.50	3.25
	Devanahally	2.50	0.50	2.50	2.25	0.50	3.25	3.25	0.25	2.50
	Khao Luang	3.00	0.25	2.75	2.50	0.50	3.00	2.75	0.00	3.25
Huile		3.00	0.25	2.75	2.75	0.50	2.75	3.75	0.50	1.75
Témoin		3.00	0.50	2.50	2.75	0.50	2.75	2.75	0.50	2.75
F		1.00 NS	1.34 NS	0.18 NS	0.16 NS	0.36 NS	0.28 NS	0.92 NS	0.60 NS	0.77 NS

NS- Non significatif

### 3. Germination des graines protégées

La capacité germinative des graines protégées par l'huile de neem, l'huile d'arachide et la K-Othrine® a été étudiée par rapport à des graines témoins, non protégées (Figure 7 et Annexe V)

Chez *Acacia raddiana* et *Tamarindus indica*, les graines en contact avec l'huile de neem depuis 5 mois ont aussi bien germé que les graines témoins. Chez *Acacia nilotica* par

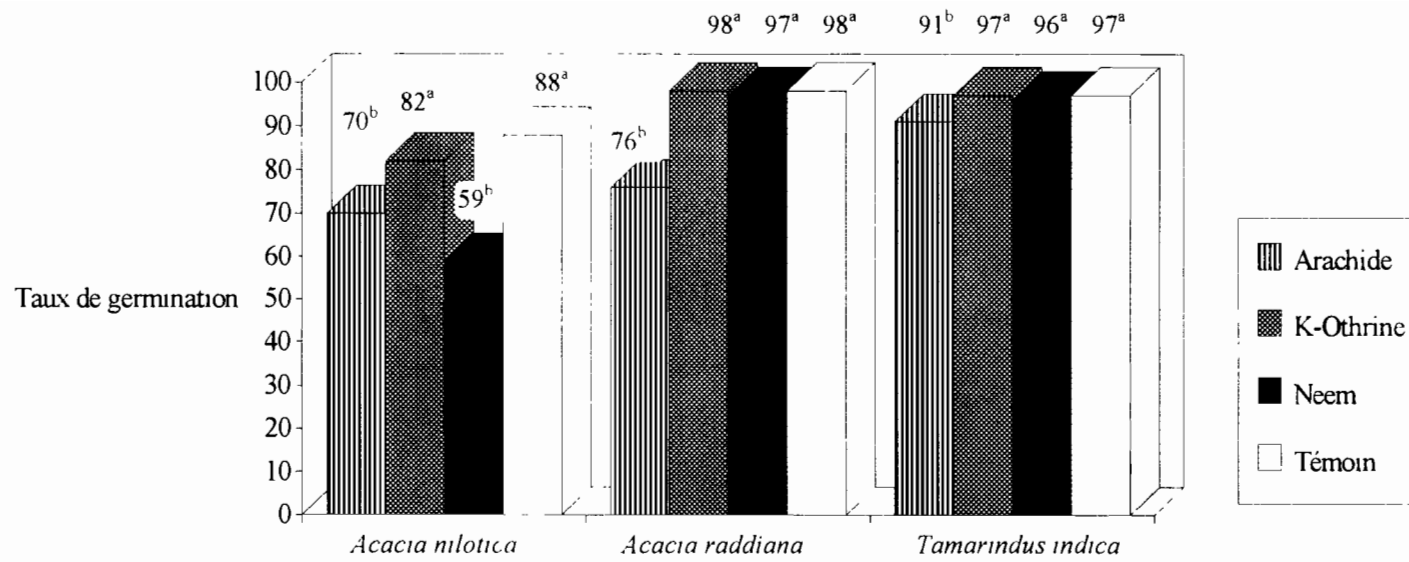


Figure 7 : Capacité germinative des graines protégées par diverses substances insecticides

contre, l'huile de neem a diminué la capacité germinative des graines : 59 %<sup>b</sup> contre 88 %<sup>a</sup> pour les graines non protégées

Les graines protégées à l'huile d'arachide germent toujours moins bien que les graines non protégées.

La K-Othrine® n'altère pas le pouvoir germinatif, les graines protégées avec ce produit germant toujours aussi bien que les témoins

*L'huile de neem, contrairement à l'huile d'arachide, n'altère pas la capacité germinative des graines après 5 mois de contact chez Acacia raddiana et Tamarindus indica. Par contre, les graines d'Acacia nilotica protégées avec l'huile de neem connaissent quelques problèmes de germination.*

**DISCUSSION**

## DISCUSSION

### *1. Propriétés insecticides des produits du neem*

#### *1.1. Les feuilles*

Une différence de mortalité a été constatée entre les espèces de bruches et selon la provenance des feuilles. Le neem provenant de Khao Luang (Thaïlande) s'est révélé plus efficace que les deux autres provenances contre *Caryedon acaciae* et *Caryedon serratus*. Schmutterer (1990) a constaté que la teneur en composés bioactifs, notamment en azadirachtine varie selon l'origine de l'arbre. Il est possible alors que le neem thaïlandais possède une teneur plus élevée en azadirachtine que le neem sénégalais et le neem indien.

Le même comportement n'a pas été noté avec *Caryedon longispinosus*, aucune efficacité adulticide n'a été mise en évidence pour l'ensemble des trois provenances de neem. Ce phénomène est expliqué par la forte mortalité qui existe au niveau des boîtes témoins. Pour cette espèce, seul un produit à effet immédiat peut montrer son efficacité étant donné qu'à partir de 7-10 jours, la mortalité dans les boîtes sans traitement atteint celle obtenue au niveau des différents traitements. *Caryedon longispinosus* est sans doute une espèce fragile qui supporte moins les manipulations que les deux autres espèces. Elle est la plus petite des trois espèces de bruches étudiées (Annexe I) et Cardet (1996) en déduit que *Caryedon longispinosus* sans alimentation a une durée de vie plus réduite.

Dans tous les cas, les résultats obtenus montrent que les feuilles de neem n'assurent pas une protection suffisante. La faible mortalité, notamment dans les premiers jours de contact, favorise une ponte importante des femelles. Le développement des oeufs et l'émergence des adultes sont notés par la suite.

Les feuilles de neem, malgré l'usage qu'en font certaines populations pour lutter contre les insectes des denrées stockées (Koul *et al.*, 1989, Xie *et al.*, 1995, Dabiré, 1982), ne se sont pas montrées suffisamment efficaces contre les trois espèces de *Caryedon* ciblées par l'étude. Cette remarque renforce d'ailleurs les conclusions de Cardet (1996). Leur utilisation, du moins pour les trois provenances testées, n'est donc pas envisageable dans la préservation des semences forestières contre les bruches.

## 1.2. Les amandes

Les amandes de neem ont été décrites comme ayant une action efficace contre la prolifération de *Callosobruchus maculatus* parasitant le niébé (Sowunmi & Akinnusi, 1983). Les tests sur les *Caryedon* des semences forestières n'ont pas abouti à des résultats similaires. Néanmoins à la dose de 10 % du poids des graines, les amandes mûres à l'état frais ont montré une activité adulticide intéressante sur *Caryedon serratus*. Une différence d'efficacité semble alors exister entre les amandes provenant de fruits mûrs et celles provenant de fruits tournant du vert au jaune juste avant maturité. Yakkundi *et al.* (1995) avaient fait cette même remarque mais contrairement à ce que nous avons observé, ils trouvent que les fruits tournant du vert au jaune sont les plus riches en azadirachtine. Chez *Caryedon serratus* et *Caryedon longispinosus*, les deux types d'amandes ont réduit considérablement la ponte des femelles. La non sensibilité observée au niveau de *Caryedon acaciae* repose la problématique de la différence de comportement des différents genres et/ou espèces face à un même traitement.

Le broyât d'amandes fraîches se présente sous forme de pâte compacte qui, à proportion élevée (10 % au moins), se colle sur le corps des insectes et gêne leurs mouvements. Son action sur les espèces sensibles se manifeste ainsi par une mortalité adulte ou une réduction de ponte importante. Mais la faible persistance d'action notée lors de nos expériences constitue un frein à son utilisation.

L'idée de protection des graines avec des amandes de neem n'est donc pas à exclure totalement, mais la quantité qui serait nécessaire dans le cas d'un stock important risquerait quand même d'être substantielle. C'est ainsi que Dabiré (1982) préconise pour la protection du niébé un volume de tourteau d'amande pour deux volumes de graines.

Si on devait faire un bilan concernant les produits solides du neem (feuilles et amandes), les résultats obtenus au niveau des différents essais n'ont pas permis de mettre en évidence l'action de l'azadirachtine et de ses dérivés. En effet les produits dérivés du neem sont souvent décrits comme inhibiteurs de croissance ou comme antiappétants (Ivbjaro, 1983 ; Xie *et al.*, 1995 ; Mordue & Blackwell, 1993). Leur action nécessite dans ce cas un contact effectif avec les jeunes larves ou avec l'aliment de l'insecte. Or dans nos expériences, les adultes n'étaient pas alimentés (dans la nature ils se nourrissent de pollen). D'autre part, la forme larvaire se développe et s'alimente à l'intérieur d'une graine à téguments imperméables qui constituent une sorte de barrière aux composés toxiques du neem. Les larves émergent au stade L4 pour faire leurs cocons. On pourrait alors penser que ces larves sont à un stade de développement trop

avancé pour subir les effets du neem ou que le temps de contact avec le produit est trop court pour pouvoir empêcher leur évolution

L'hypothèse d'une trop faible teneur naturelle des parties du neem en composés bioactifs pourrait aussi être une explication à ce phénomène

### ***1.3. Mode d'action et persistance de l'huile de neem***

L'huile de neem manifeste une activité létale à tous les stades de développement de l'insecte (adulte, oeuf, larve). La comparaison avec l'huile d'arachide démontre cependant que cette efficacité n'est pas spécifiquement attribuable aux composés bioactifs du neem mais plutôt à la texture de l'huile tout simplement. L'huile, comme l'ont décrit certains auteurs tels que Schoonhoven (1978) et De Luca (1979), agit sur les insectes en créant un film gras qui obstrue leurs pores respiratoires et les tue par asphyxie.

La meilleure performance de l'huile de neem par rapport à l'huile d'arachide pourrait être due à un rôle secondaire de l'azadirachtine et des composés voisins qui se trouvent dans le neem. Une autre cause possible est la différence de pureté des deux huiles. En effet, Schoonhoven (1978) a démontré sur haricot que les huiles brutes ont une meilleure efficacité insecticide que les huiles raffinées. Tel peut être le cas dans notre étude, rappelons simplement que l'huile de neem utilisée est de fabrication artisanale alors que celle d'arachide est l'huile commerciale de la SONACOS.

L'action régulatrice de l'huile de neem sur l'oviposition, ainsi que celle de l'huile d'arachide, a été mise en évidence sur l'ensemble des trois espèces. L'aspect de la surface des graines recouvertes décourage sans doute l'intention de ponte des femelles.

Au cours des expériences effectuées sur *Caryedon longispinosus* et *Caryedon serratus*, il est apparu que l'huile tue une bonne proportion des oeufs. Selon De Luca (1979), c'est sa texture qui constitue une barrière physique empêchant la jeune larve de pénétrer dans la graine. Hall et Harman (1991) ont observé une migration de l'huile minérale et des acides gras saturés à travers le chorion de l'oeuf. Ce phénomène serait dû à une attraction lipophile entre les constituants du chorion et ceux des huiles. La larve meurt probablement par asphyxie à l'intérieur de l'oeuf après contact avec l'huile.

L'huile de neem a une persistance d'action assez longue. Les tests effectués à 20 semaines ont montré qu'à la dose de 0.02 ml/g, elle conserve toujours sa propriété adulticide sur les trois espèces de bruches. La concentration de 0.01 ml/g reste encore létale pour

*Caryedon longispinosus* et maintient la ponte et l'éclosion des oeufs à un niveau assez bas chez *Caryedon acaciae* et *Caryedon serratus*. L'huile d'arachide a une activité létale moins durable. Ces résultats contredisent ainsi ceux de Cardet (1996), alors que les tests se sont effectués sur les mêmes boîtes et dans les mêmes conditions. L'origine de cette divergence est à chercher peut-être dans la manière dont la manipulation a été effectuée. L'huile laissée au repos dans les boîtes de Pétri pendant quelques semaines forme un dépôt au fond de ces boîtes et une partie se fixe sur les parois. Par conséquent, lors du test de persistance, si on ne prend pas le soin de remuer les boîtes pour une meilleure homogénéisation, les insectes déposés sur les graines traînent seulement à la surface et ne meurent pas. La quantité d'huile qui recouvre encore les graines reste quand même à un niveau suffisamment élevé pour empêcher la ponte. Donc après 15 semaines de protection, les insectes utilisés ne sont pas tués simplement parce qu'ils n'ont pas été suffisamment en contact avec l'huile. Malgré tout une partie de l'huile disparaît, absorbée par les graines.

## ***2. Propriétés répulsives des produits du neem***

L'effet répulsif des produits du neem n'a pas été mis en évidence par notre étude. Pourtant Daniel et Smith (1990), travaillant sur *Callosobruchus maculatus*, et Xie *et al.* (1995), travaillant sur *Tribolium castaneum*, ont pu démontrer le pouvoir répulsif des dérivés du neem sur les insectes des stocks. Normalement dans notre dispositif, l'air qui circule bien à l'intérieur de l'appareil (on l'a testé avec de la fumée de cigarette) doit être en mesure de véhiculer les odeurs et permettre par conséquent aux insectes de prendre une direction préférentielle. Il a été constaté pourtant qu'ils se dirigent vers les abris de façon purement aléatoire. Une critique qu'on pourrait apporter à notre étude, c'est d'avoir travaillé sur un petit nombre de sujets (6). Mais cet aspect ne doit pas être une raison majeure. Les bruches sont des insectes de stocks qui cherchent généralement un refuge quand on les expose à l'air. Le creuset qui contient les divers produits testés a ainsi dans la plupart du temps servi d'abri à ces insectes. Parfois même, ils remontent les parois du creuset et plongent directement dans les produits testés (observations personnelles). Ce constat peut suffire pour montrer que les trois espèces de bruches n'ont pas montré une sensibilité à l'effet répulsif du neem.

### 3. Germination des graines protégées

Beaucoup d'auteurs ont travaillé sur la germination des graines protégées par l'huile (Schoonhoven, 1978 ; Cruz & Cardona, 1981 ; Khaliq *et al.*, 1988). En général les huiles végétales n'affectent pas la capacité germinative des graines. Néanmoins Pacheco *et al.* (1995) ont signalé des réductions de germination dues à l'huile de soja sur du pois chiche. Khaliq *et al.* (1988) ont aussi observé une inhibition germinative de 100 % chez des graines d'une variété de pois chiche protégées avec de l'huile de moutarde.

Les tests de germination que nous avons mis en place révèlent que l'huile de neem ne réduit pas en général le taux de germination en l'espace de 20 semaines alors que l'huile d'arachide affecte la viabilité des graines protégées. A quoi peut-être due cette différence d'action entre les deux huiles ? Hall & Harman (1991) ont observé sur haricot que les acides gras insaturés de l'huile de soja pénètrent rapidement à l'intérieur des graines. Donc logiquement une huile est donc d'autant plus pénétrante que sa teneur en acides gras insaturés est élevée. Or d'après des analyses de Kane (com pers.), l'huile d'arachide contient 80 % d'acides gras insaturés alors que l'huile de neem n'en contient que 60 % environ. Cette différence de composition pourrait expliquer non seulement la meilleure germination des graines protégées à l'huile de neem mais aussi la différence de persistance décrite au niveau des deux huiles. En effet l'huile d'arachide, peut-on dire, est plus facilement absorbée par les graines que l'huile de neem.

Les problèmes de germination observés au niveau des semences d'*Acacia nilotica* représentent un cas particulier et doivent être liés à l'espèce elle-même. Une meilleure connaissance de la structure des téguments de la graine pourrait apporter plus de clarté sur ce fait. De toutes les façons, on note toujours une germination plus faible chez *Acacia nilotica* que chez *Acacia raddiana* et *Tamarindus indica*, même au niveau des graines témoins.

## CONCLUSION

Les leçons que nous pouvons tirer de l'étude des produits du neem sur trois *Caryedon* ravageurs de semences forestières sont multiples.

Pour les feuilles, les trois provenances utilisées n'ont pas montré une toxicité suffisante envers les bruches mais une parmi elles, la provenance thaïlandaise (Khao Luang) a attiré notre attention. En effet la variation du taux d'azadirachtine selon la localité, décrite par certains auteurs, peut susciter un grand intérêt pour la lutte biologique et ouvre des perspectives pour les travaux à venir. L'exploration d'autres provenances de neem constitue dès lors un axe de recherche pertinent, il est possible que dans d'autres régions du monde, poussent des plantes de neem dont les feuilles sont suffisamment pourvues en azadirachtine pour pouvoir assurer une bonne protection des semences forestières contre les bruches.

Les amandes que nous avons utilisées dans nos expériences n'ont concerné qu'une seule provenance de neem. Par conséquent, une étude allant dans le sens d'une comparaison d'amandes prélevées sur des arbres d'origines différentes est souhaitable à l'avenir. La station d'essai de Bambey abritant actuellement des plantes jeunes issues de diverses provenances pourra fournir à l'occasion une large gamme de fruits de neem.

Pour le moment, l'huile de neem est recommandée à la concentration de 10-20 ml par kg de graines pour la protection des semences forestières. Plusieurs raisons justifient son utilisation :

- d'un point de vue économique, l'obtention de l'huile de neem ne nécessite pas des dépenses importantes ,
- elle manifeste une activité létale sur les oeufs, les larves et les adultes alors que les insecticides de synthèse n'ont aucune action sur les oeufs ,
- elle n'est pas polluante et sa manipulation ne présente aucun risque pour l'homme ,
- son mode d'action (pouvoir asphyxiant) empêche le développement de résistance de la part du ravageur ;
- enfin sa persistance d'action jusqu'à 5 mois au moins et son absence d'effet néfaste sur la germination des graines en font un insecticide idéal.

Toutefois, l'histoire nous enseigne que les conclusions d'un travail de laboratoire ne sont pas toujours applicables en conditions réelles, aussi les résultats obtenus avec l'huile de neem ne seront-ils définitifs que s'ils sont vérifiés avec des stocks importants de graines.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akpo, L. E, Grouzis, M., Le Houérou, H. N., 1996. Effects of tree shelter on environmental factors in a sahelian savanna of West Africa (Ferlo, Sénégal) *Agroforestry Systems* (soumis).
- Alzouma, I., Boubacar, A., 1985. Effet des feuilles vertes de *Boscia senegalensis* (Capparidacée) sur la biologie de *Bruchidius atrolineatus* et *Callosobruchus maculatus* Coléoptères, Bruchidae) ravageurs des graines du niébé *Vigna unguiculata* (Walp.) In Les légumineuses alimentaires en Afrique. Colloque de Niamey. Aupelf ed., 288-295
- Armitage, F B., 1986. Foresterie irriguée en pays arides et semi-arides : une synthèse. Ottawa, Ont , CRDI 192p · ill
- Ascher, K R S , 1993 Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree *Azadirachta indica* *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **22**, 433-449
- Balachowsky, A S , 1962 Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1 · Coléoptères, Premier volume Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris
- Bérhaut, J , 1975 Flore illustrée du Sénégal, Tome IV Ed. Maisonneuve-Larose, Paris.
- Bhatnagar, D., Zeringue, H. J. Jr., Mc Cormick, S. P., 1990 Neem extracts inhibit aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. In Ascher, K. R. S., 1993. Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*.
- Broughton, H. B , Ley, S V , Slawin, A. M. Z , Williams, D.J , Morgan, E D., 1986 X-Ray crystallographic structure determination of detigloyldihydro-azadirachtin and reassignment of the structure of the limonoid insect antifeedant azadirachtin In Mordue, A. J., Blackwell, A., 1993. Azadirachtin : an update. *J. Insect Physiol.* Vol 39, N° 11, pp 903-924.
- Brown, L. R., 1985. Reversing Africa's decline. In Hudson, N. W., 1990. Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides *Bulletin Pédologique de la FAO*, Rome.
- Butterworth, J. H., Morgan, E D., 1968 Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts In Mordue (Luntz), A J , Blackwell, A , 1993 Azadirachtin : an update *J. Insect. Physiol.* Vol 39, N° 11, pp 903-924.
- Cardet, C., 1996. Etude de l'effet insecticide de substances naturelles contre trois *Caryedon* (Coleoptères, Bruchidae) ravageurs des semences de légumineuses ligneuses au Sénégal. Mémoire de fin d'études D A A Protection des plantes (INA-PG, ENSA-M, ENSA-R), 30 pp.
- Coe, M , Coe, C , 1987 Large herbivores, acacia trees and bruchid beetles *S. Afr. J. Sci.*, **83**, 624-635
- Côme, D , 1967 L'inhibition de germination des graines de pommier (*Pirus malus*) non dormantes. Rôle possible des phénols tégumentaires. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, **8**, 371-478.

Cruz, Carlos., Cardona, E., 1981. Control of dry seed weevils with cooking oil. *Journal of agriculture*, University of Porto Rico, Vol. LXV, N° 3

Dabiré, L. C., 1982. Rapport de campagne 1982. Projet CRDI/Gouvernement Voltaïque, 31 pp.

Dagnelie, P., 1975. Théories et méthodes statistiques. Applications agronomiques- volume II *Les Presses Agronomiques de Gembloux*, 463 pp.

Daniel, S. H., Smith, R. H., 1990. The repellent effect of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) oil and its residual efficacy against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) on cowpea. In Proceedings 5<sup>th</sup> international working conference on stored-product protection, (Ed. F. Fleurat-Lessard et P. Ducom), september 9-14, Bordeaux. **3**, 1589-1597.

Danthu, P., Ickowicz, A., Friot, D., Manga, D., Sarr, A., 1996 Effet du passage par le tractus digestif des ruminants domestiques sur la germination des graines de légumineuses ligneuses des zones tropicales. *Revue d'Elevage et de Recherche Vétérinaire Tropicale* (soumis)

Delobel, A., Delobel, H., Tran, M., Sembène, M., Han, S. H., 1995 Observations sur les relations trophiques entre les bruches du genre *Caryedon* (Coléoptères, Bruchidae) et leurs plantes hôtes sauvages au Sénégal *Bull. Inst. fond. Afr. Noire Cheikh A. Diop, Dakar*, série A, **48**, 79-88.

De Luca, Y., 1966. Alimentation imaginale des Bruchidae (Col.). *Parasitica XXII* (1) pp 26-54.

De Luca, Y., 1979. Ingrédients naturels de préservation des graines stockées dans les pays en voie de développement. *Journ. d'Agric. Trad. et de Bota. Appl.*, **26** (1), 29-52

Dick, K. M., 1987. Losses caused by insects to groundnuts stored in a warehouse in India *Trop. Sci.* **27** . 65-75.

Dieng, Cheikh, 1993. Etude de la filière des produits forestiers de cueillette. Mémoire Ingénieur Agronome, ENSA, Thiès, 116p.

Dreyfus, B.L., Dommergues, Y. R., 1981. Nodulation of *Acacia* species by fast- and slow-growing tropical strains of *Rhizobium*. *Applied and Environmental Microbiology*, **41** (1), 97-99.

Eckholm, E. P., 1976 Losing ground . environmental stress and world food prospects In Hudson, N. W., 1990 Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides *Bulletin Pédologique de la FAO*, Rome, 182 p.

El Atta, H.A., 1993. The effect of *Caryedon serratus* Olivier (Col., Bruchidae) on viability and germination of seeds of *Acacia nilotica* (L. Willd. ex Del.) in the Sudan *Forest Ecology and Management*, **57**, 169-177.

Ernst, W. H. O., Tolsma, D.J., Decelle, J.E., 1989 Predation of seeds of *Acacia tortilis* by insects. *Oikos* **54** : 294-300

FAO, 1992. Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification. *Cahier FAO Conservation* 21, Rome, 336 p

Ferlin, G.R., 1981. Techniques de reboisements dans les zones subdésertiques d'Afrique. IRDC, 169 f.

Finney, D. J., 1971. Probit analysis, 3rd Ed Cambridge University Press, London

Grovel, R., 1990. Le tamarinier (*Tamarindus indica*). *Revue Réseaux Arbres Tropicaux*. N° 11.

Gutteridge, R. C. & Shelton, H. M., 1994. Forage tree legumes in tropical agriculture. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK, 389 p

Halevy, G., 1974. Effects of gazelles and seed beetles (Bruchidae) on germination and establishment of *Acacia* species *Isr. J. Bot* 23 120-126

Hall, J. S., Harman, G. E., 1991. Protection of stored legume seeds against attack by storage fungi and weevils - mechanism of action of lipoidal and oil seed treatments *Crop Protection*, 10, 375-380.

ICRAF, 1995. Le fruit de notre labeur. Nairobi, 1995

ISRA, 1989. Troisième symposium sous-régional sur le gommier et la gomme arabique. Vol. 1

Ivbjaro, M. F., 1983. Toxicity of neem seed, *Azadirachta indica* A. Juss., to *Sitophilus oryzae* (L.) in stored maize. *Protection Ecology* 5, 353-357

Janzen, D. H., 1980. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. *J. Ecol.* 68 : 929-952.

Jarry, M., 1981. Comparaison des fécondités et des pontes d'*Acanthoscelides obtectus* Say (Coléop. Bruchidae) en présence de graines et de gousses de *Phaseolus vulgaris*. *Ann. Soc. ent. France* 16 (3) pp. 345-349.

Kerharo, J., Adam, J.G., 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Vigot Frères, Paris, 1011 p.

Khalique, Feroza., Khalique, Ahmed, Afzal, Muhammad, Malik, Bachir Ahmed, Riaz, Mohammed., 1988. Protection of stored chickpea, *Cicer arietinum* L from attack of *Callosobruchus chinensis* L (Coleoptera Bruchidae) *Tropical pest management*, 34 (3), 333-334.

Koné, A. R., 1987. Valeur nutritive des ligneux fourragers des zones sahéliennes et soudaniennes d'Afrique Occidentale. Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse de troisième cycle, Université Paris VI, 150 p + annexes.

Koul, O., Isman, M.B., Ketkar, C M., 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica* *Can. J. Bot.*, 68, 1-11.

Kraus, W., Bokel, M., Klenk, A., Pöhl, H., 1985. The structure of azadirachtin and 22,23-dihydro-23 $\beta$ -methoxyazadirachtin. In Mordue, A. J., Blackwell, A., 1993. Azadirachtin : an update. *J. Insect Physiol.* Vol. 39, N° 11, pp 903-924.

Lee, S. S., 1985. Tree diseases and wood deterioration problems in Peninsular Malaysia. In Gutteridge, R. C., Shelton, H. M., 1994. Forage tree legumes in Tropical agriculture.

Le Houérou, H. N., 1987. Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the Mediterranean basin : old approaches to new problems. In Hudson, N. W., 1990. Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides. *Bulletin Pédologique de la FAO*, Rome.

Leroi, B. ; Pichard, B. ; Bonet, A. ; Montes, J., 1990. Les stocks familiaux de haricots au Mexique et la lutte contre les bruches. In Proceedings 5<sup>th</sup> International Working Conference on stored-product protection. Ed Fleutat-Lessard et P. Ducom, september 9-14, Bordeaux. 3, 1639-1647

Loukianovitch, F. K., Ter Minacian, M. E., 1957. Jouki Zernoyki (Bruchidae) faune de l'U.R.S.S. In Balachowsky, A. S., 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1 Coléoptères, Premier volume. Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris.

Modue, A. J., Blackwell, A., 1983. Azadirachtin : an update. *J. Insect. Physiol.*, 39 (11), 903-924

Ndiaye, D., 1991. Revalorisation de méthodes traditionnelles de protection des graines de légumineuses récoltées contre les Coléoptères Bruchidae ravageurs des stocks. Mémoire Ingénieur Agronome, ENSA, Thiès, 62 pp.

Ndiaye, S., 1984. Les bruches (Coléoptères Bruchidae : ravageurs séminiphages des graines de légumineuses). Mémoire bibliographique de 3<sup>e</sup> cycle d'Ingénieur Agronome, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 91 pp.

Ndoye, M., 1989. Productions agricoles et systèmes de protection des cultures et des récoltes stockées dans la zone sahélienne de l'Afrique Occidentale. *Revue Africaine de la Protection des plantes O U A.*, Volume 4 N° 1

Nongonierma, A., 1978. Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller (Mimosaceae) en Afrique Occidentale. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Tome I, texte, 451 p., Tome 2, tableaux, 314 p., Tome 3, planches, figures et cartes

Pacheco, I. A., Fernanda, M., De Castro, P. M., De Paula, D. C., Lourencao, A. L., Bolonhezi, S., Barbieri, M. K., 1995. Efficacy of soybean and castor oils in the control of *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) in stored chick-peas (*Cicer arietinum* L.). *J. Stored Prod.*, 31 (5), 221-228

Pellew, R. A. & Southgate, B. J., 1984. The parasitism of *Acacia tortilis* seeds in the Serengeti (by beetles of the family Bruchidae, effect upon the continuity of woodlands, Tanzania) *Afr. J. Ecol.*, 22 (1), 73-75.

Prevelt, P. F., 1966. Observations on biology in the genus *Caryedon* Schönherr (Coleoptera : Bruchidae) in Northern Nigeria, with a list of associated parasitic Hymenoptera *Proc. R. ent. Soc. Lond. (A)*. **41** (1-3). Pp. 9-16, 2 Plates. 3 figs.

Rembold, H., 1989. Azadirachtins, their structure and mode of action. *In* Insecticides of plant origin. Ed. J. T. Arnasson, B. J. R. Philologène, P. Morand) *American Chemical Society*, Washington, 150-163.

Roubaud, E., 1916. Les insectes et la dégénérescence des arachides au Sénégal *Mem. Cte Etudes Hist. Scient. A.O.F.* 1 : 363-438

Saxena, R. C., 1989. Insecticides from neem. *In* Insecticides of plant origin Ed J T. Arnasson, B. J. R. Philologène, P. Morand). *American Chemical Society*, Washington, 150-163

Schmutterer, H., 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Ent.*, **35**, 271-297

Schoonhoven, Van A; 1978. Use of vegetable oils to protect beans from bruchid attack *Journal of Economic Entomology*, **71**, 254-256

Skerman, P. J., 1982. Les légumineuses fourragères tropicales *Collection FAO : Productions Végétales et Protection des Plantes* N° 2, Rome

Southgate, B. J., 1979. Biology of the Bruchidae. *Ann. Rev. Entomol* (**24**) pp 449-473

Southgate, B. J., 1983. Manuel de lutte contre les insectes parasites de semences d'acacias. FAO, Rome, 34 p.

Sowunmi, O., Akinnusi, O. A., 1983. Studies on the use of the neem kernel in the control of stored cowpea beetle (*Callosobuchus maculatus* F.). *In* Van Huis, A., 1991. Biological methods of bruchid control in the tropics : a review. *Insect Sci. Applic.*, Vol 12, N° 1/2/3, pp 87-102.

Stoll, G., 1988. Protection naturelle des végétaux en zones tropicales. Ed. Josef Margraf, RFA CTA AGRECOL 180 pp.

Tybirk, K., 1991. Régénération des légumineuses ligneuses du Sahel Ed. H. Balslev, Aarhus University Press, Aarhus, 86p.

Von Maydell, H-J, 1990 Arbres et arbustes du Sahel Ed V J. Margraf, GTZ, Eschborn, 531p

Williams, R. J., 1983. Tropical legumes. *In* Gutteridge, R. C. & Shelton, H. M., 1993 Forage tree legumes in tropical agriculture.

Wrangham, R. W. & Waterman, P. G., 1981 Feeding behaviour of vervet monkeys on *Acacia tortilis* and *acacia xanthophloea* : with special reference to reproductive strategies and tannin production. *In* Tybirk, K., 1991. Régénération des légumineuses du Sahel

Xie, Y. S., Fields, P. G., Isman, M. B., 1995 Repellency and toxicity of azadirachtin and neem concentrates to three stored-product beetles *J. Econ. Entomol* **88** (4), 1024-1031

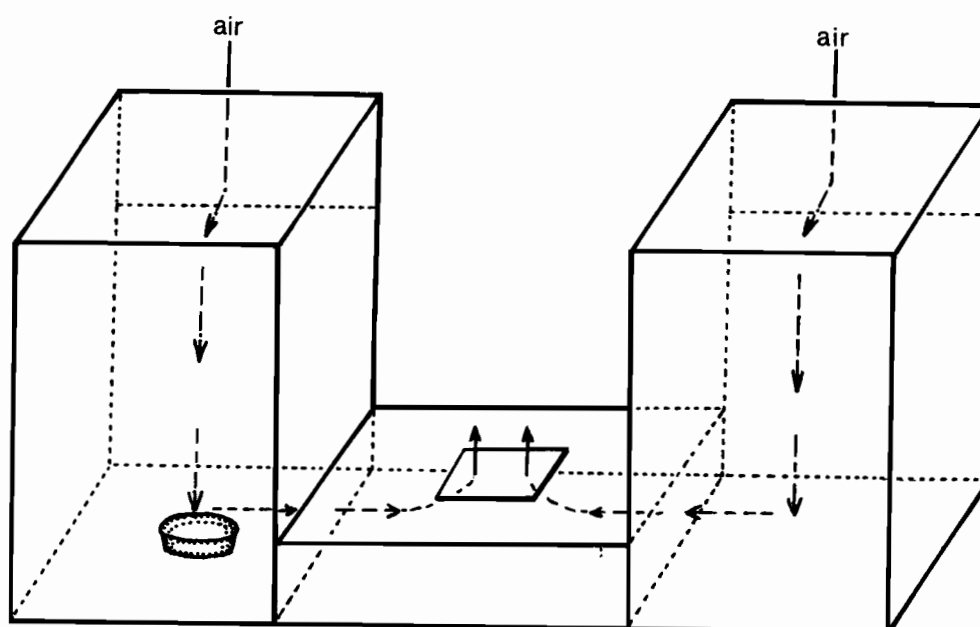
Yakkundi, S. R., Thejavati, R., Ravindranath, B., 1995. Variation of azadirachtin content during growth and storage of neem (*Azadirachta indica*) seeds. *J. Agri. Food Chem.*, **43** (9), 2517-2519.

## ANNEXE I

### *Clé des espèces de Caryedon étudiées (par Alex Delobel)*

1. Fémur des pattes postérieures renflées, avec des dents en peigne (Pachymerinae).....2
  - Fémur non renflé.....autres sous-familles de Bruchidae
2. Insectes vivant dans les noix de palmiers, essentiellement sud-américains (Pachymerini)
  - Insectes vivant dans des graines de légumineuses ou de combrétacées (*Caryedon*).....3
3. Fémur postérieur présentant une longue épine chez le mâle, dents du fémur III : 10 chez le mâle, 10 à 12 chez la femelle, longueur du corps : 4.2 mm en moyenne, insecte vivant sur *Acacia raddiana* et *Acacia senegal*.....*Caryedon longispinosus*.
  - Pas de longue épine au fémur III chez le mâle.....4
- 4 Premier sternite abdominal présentant une touffe de poils allongés chez le mâle, dents du fémur III : 9 à 10 chez le mâle, 10 à 12 chez la femelle, longueur du corps : 5.5 mm en moyenne, insecte vivant sur *Acacia nilotica*, *Acacia polyacantha*, *Acacia seyal*, *Acacia sieberiana* et *Acacia raddiana*.....*Caryedon acaciae*
  - Pas de touffe de poils allongés chez le mâle, dents du fémur III : 9 à 10 chez le mâle, 10 à 12 chez la femelle, longueur du corps : 5.4 mm en moyenne, insecte vivant sur Caesalpiniaceae (*Tamarindus indica*), infecte aussi l'arachide..... *Caryedon serratus*.

## ANNEXE II



*Dispositif expérimental permettant de tester l'effet répulsif des produits du neem  
(schématique)*

### ANNEXE III

*Tableau 1 : Effets comparés de l'huile de neem, de l'huile d'arachide et de la K-Othrine sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon acaciae* (semaine 1) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation*

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
A- 0.005 ml g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.25 <sup>c</sup>	0.50 <sup>c</sup>	0.75 <sup>b</sup>	2.75 <sup>b</sup>	5.50 <sup>a</sup>	1.50 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>
A- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	1.25 <sup>c</sup>	2.25 <sup>b</sup>	3.75 <sup>b</sup>	4.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
A- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	3.25 <sup>b</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 2.5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	1.00 <sup>c</sup>	3.00 <sup>b</sup>	4.75 <sup>ab</sup>	5.25 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	2.50 <sup>b</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 1 x 10 <sup>-4</sup> g g <sup>-1</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.005 ml g <sup>-1</sup>	0.75 <sup>c</sup>	2.25 <sup>b</sup>	4.25 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>	5.75 <sup>a</sup>	5.75 <sup>a</sup>	1.50 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>
N- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	3.50 <sup>b</sup>	3.50 <sup>b</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
T	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.25 <sup>c</sup>	2.00 <sup>b</sup>	113.25 <sup>a</sup>	107.00 <sup>a</sup>
F	45.41 ***	71.47 ***	41.11 ***	31.25 ***	57.16 ***	48.54 ***	63.03 ***	82.42 ***

A = Huile d'arachide, K = K-Othrine, N = Huile de neem, T = Témoin, F = Test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$

\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

NS Non significatif

Les lettres mises en exposant des moyennes désignent les groupes homogènes (test de Newman-Keuls)

Tableau 2 : Effets comparés de l'huile de neem, de l'huile d'arachide et de la K-Othrine sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon longispinosus* (semaine 1) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
A- 0.005 ml g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.25 <sup>c</sup>	1.00 <sup>b</sup>	3.75 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>	1.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
A- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	1.00 <sup>d</sup>	2.75 <sup>c</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
A- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 2.5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	2.25 <sup>c</sup>	2.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>b</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	3.75 <sup>b</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 1 x 10 <sup>-4</sup> g g <sup>-1</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.005 ml g <sup>-1</sup>	2.25 <sup>c</sup>	4.50 <sup>b</sup>	4.75 <sup>ab</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	3.00 <sup>c</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	5.25 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
T	0.00 <sup>e</sup>	0.25 <sup>d</sup>	0.75 <sup>c</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.50 <sup>c</sup>	5.25 <sup>a</sup>	101.50 <sup>a</sup>	91.50 <sup>a</sup>
F	99.19 ***	134.73 ***	57.13 ***	58.18 ***	15.46 ***	2.57 *	12.11 ***	8.81 ***

A = Huile d'arachide, K = K-Othrine, N = Huile de neem, T = Témoin, F = Test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$

\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

NS Non significatif

Les lettres mises en exposant des moyennes désignent les groupes homogènes (test de Newman-Keuls)

Tableau 3 : Effets comparés de l'huile de neem, de l'huile d'arachide et de la K-Othrine sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon serratus* (semaine 1) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
A- 0.005 ml g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.25 <sup>c</sup>	1.00 <sup>b</sup>	3.75 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>
A- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	1.00 <sup>d</sup>	2.75 <sup>c</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
K- 2.5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	2.25 <sup>c</sup>	2.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>b</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
K- 5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	3.75 <sup>b</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
K- 1 x 10 <sup>-4</sup> g g <sup>-1</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
N- 0.005 ml g <sup>-1</sup>	2.25 <sup>c</sup>	4.50 <sup>b</sup>	4.75 <sup>ab</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
N- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	3.00 <sup>c</sup>	5.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
N- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	5.25 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>
T	0.00 <sup>e</sup>	0.25 <sup>d</sup>	0.75 <sup>c</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.50 <sup>c</sup>	5.25 <sup>a</sup>	101.50 <sup>a</sup>	91.5 <sup>a</sup>
F	99.19 ***	134.73 ***	57.13 ***	58.18 ***	15.46 ***	2.57 *	12.11 ***	8.81 ***

A = Huile d'arachide, K = K-Othrine, N = Huile de neem, T = Témoin, F = Test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$

\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

NS Non significatif

Les lettres mises en exposant des moyennes désignent les groupes homogènes (test de Newman-Keuls)

Tableau 4 : Effets comparés de l'huile de neem, de l'huile d'arachide et de la K-Othrine sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon acaciae* (semaine 20) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
A- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.50 <sup>b</sup>	6.00 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>
K- 1 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	2.00 <sup>b</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.75 <sup>b</sup>	3.00 <sup>b</sup>
N- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	3.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
T	0.25 <sup>c</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	2.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>b</sup>	33.25 <sup>a</sup>	28.25 <sup>a</sup>
F	27.38 ***	265 ***	737.02 ***	317.40 ***	28.91 ***	34.20 ***	12.78 **	11.07 **

A = Huile d'arachide, K = K-Othrine, N = Huile de neem, T = Témoin, F = Test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$

\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

NS Non significatif

Les lettres mises en exposant des moyennes désignent les groupes homogènes (test de Newman-Keuls)

Tableau 5 : Effets comparés de l'huile de neem, de l'huile d'arachide et de la K-Othrine sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon longispinosus* (semaine 20) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
A- 0.01 ml/g	2.50 <sup>c</sup>	4.50 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	2.75 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
A- 0.02 ml/g	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 2.5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.25 <sup>b</sup>	1.50 <sup>b</sup>	2.00 <sup>b</sup>	4.00 <sup>b</sup>	5.25 <sup>a</sup>	11.25 <sup>b</sup>	5.25 <sup>b</sup>
K- 5 x 10 <sup>-5</sup> g g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>d</sup>	1.25 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	1.75 <sup>b</sup>	2.75 <sup>c</sup>	3.50 <sup>b</sup>	7.00 <sup>b</sup>	1.75 <sup>b</sup>
K- 1 x 10 <sup>-4</sup> g g <sup>-1</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.01 ml/g	3.00 <sup>bc</sup>	4.50 <sup>a</sup>	5.75 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	2.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
N- 0.02 ml/g	4.75 <sup>ab</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	2.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
T	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.50 <sup>c</sup>	3.75 <sup>bc</sup>	5.75 <sup>a</sup>	66.50 <sup>a</sup>	53.25 <sup>a</sup>
F	17.12 ***	34.05 ***	24.87 ***	39.35 ***	15.30 ***	6.84 **	36.89 ***	22.43 ***

A = Huile d'arachide, K = K-Othrine, N = Huile de neem, T = Témoin, F = Test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$

\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

NS Non significatif

Les lettres mises en exposant des moyennes désignent les groupes homogènes (test de Newman-Keuls)

Tableau 6 : Effets comparés de l'huile de neem, de l'huile d'arachide et de la K-Othrine sur la mortalité adulte et la ponte de *Caryedon serratus* (semaine 20) : nombre moyen d'insectes morts par répétition après 1, 2, 3, 4, 7 et 10 jours, nombre moyen d'oeufs déposés et éclos après 10 jours d'incubation

	1	2	3	4	7	10	pondus	éclos
A- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.25 <sup>b</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	22.75 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
K- 1 x 10 <sup>-4</sup> g g <sup>-1</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	7.25 <sup>b</sup>	3.25 <sup>b</sup>
N- 0.01 ml g <sup>-1</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	2.25 <sup>b</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	18.25 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>
N- 0.02 ml g <sup>-1</sup>	1.50 <sup>b</sup>	3.25 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	26.50 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
T	0.00 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	2.50 <sup>b</sup>	55.50 <sup>a</sup>	30.25 <sup>a</sup>
F	12.00 ***	8.04 **	9.84 ***	28.76 ***	22.76 ***	5.30 *	7.02 **	20.56 ***

A = Huile d'arachide, K = K-Othrine, N = Huile de neem, T = Témoin, F = Test Fischer

\* Significatif à  $p < 0.05$

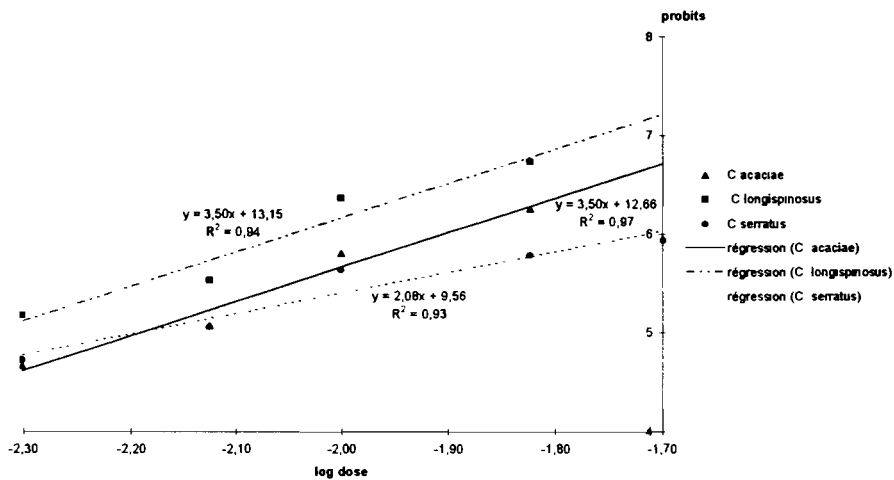
\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

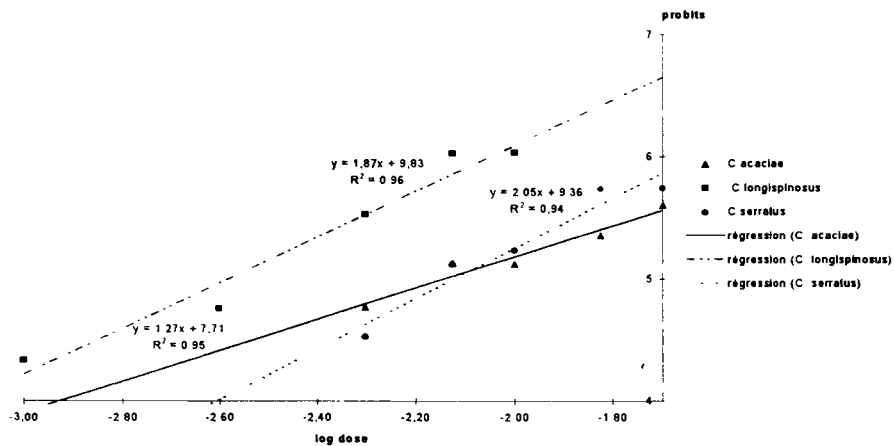
NS Non significatif

Les lettres mises en exposant des moyennes désignent les groupes homogènes (test de Newman-Keuls)

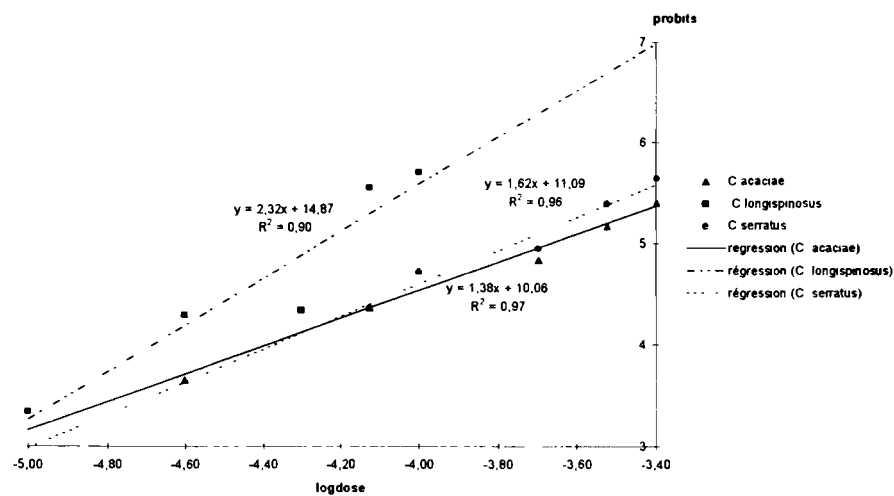
DL50 LARVE HUILE DE NEEM



DL50 LARVE HUILE D'ARACHIDE



DL50 LARVE K-OTHRINE



## ANNEXE V

Tableau 1 : Capacité germinative des graines protégées depuis 5 mois par diverses substances insecticides

	<i>A. nilotica</i>	<i>A. raddiana</i>	<i>T. indica</i>
Huile d'rachide (0.02 ml/g)	70 <sup>b</sup>	76 <sup>b</sup>	91 <sup>b</sup>
K-Othrine (0.01 %)	82 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>
Huile de neem (0.02 ml/g)	59 <sup>b</sup>	97 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>
Témoin	88 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>
F	9.87 **	18.28 ***	5.93 *

\* Significatif à  $p < 0.05$

\*\* Significatif à  $0.01 < p < 0.05$

\*\*\* Significatif à  $p < 0.001$

Les lettres mises en exposant des taux de germination moyen désignent les groupes homogènes obtenus au test de Newman-Keuls