

Ecole Nationale Supérieure
d'Horticulture de Versailles

ORSTOM
L'Institut Français de Recherche
Scientifique pour le Développement
en Coopération

Mémoire de fin d'études D.A.A. Protection des Plantes
(INA-PG, ENSA-M, ENSA-R)

CHRISTOPHE CARDET

**ETUDE DE L'EFFET INSECTICIDE DE
SUBSTANCES NATURELLES CONTRE TROIS
CARYEDON (COLEOPTERES, BRUCHIDAE)
RAVAGEURS DES SEMENCES DE
LEGUMINEUSES LIGNEUSES AU SENEGAL**

Mémoire présenté le 26 septembre 1996 devant
le jury d'examen :

MM. S. KREITER (ENSA-M)
A. LERALEC (ENSA-R)
F. MARION-POLL (INA-PG)
P. ROBERT (ENSH)

Laboratoire de Protection des Stocks
ORSTOM/ITA BP1386 Dakar (Sénégal)
Laboratoire National de Recherche sur les
Semences Forestières ISRA-PF Route des
Pères Maristes BP2312 Dakar (Sénégal)

Encadrement :
Alex DELOBEL (ORSTOM)
Pascal DANTHU (CIRAD-Forêt/ISRA-PF)

Département : UFR de Zoologie
Spécialisation : DAA Protection des cultures
Enseignants responsables: P. Robert (ENSH)
S. Kreiter (ENSAM)

cadre réservé à la Bibliothèque Centrale

Auteur : Christophe CARDET

Organisme d'accueil : Laboratoire de Protection des Stocks ORSTOM/ITA

Adresse : BP1386 Dakar (Sénégal)

☎ : (221) 32 27 46

Responsable scientifique : Alex Delobel (Entomologiste)

Nbr. de pages : annexes :
Année de soutenance : 1996

Titre : Etude de l'effet insecticide de substances naturelles contre trois *Caryedon* (Coléoptères, Bruchidae) ravageurs des semences de Légumineuses ligneuses au Sénégal

Résumé

Le neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), le piment (*Capsicum frutescens* var "salmon"), *Boscia senegalensis* Pers. et un insecticide de synthèse (K-OTHRINE PP2 GRAIN) ont été étudiés au laboratoire pour protéger les semences des Légumineuses forestières au Sénégal. Les couples plante/insecte choisis sont *Acacia nilotica*/*Caryedon acaciae*, *Acacia raddiana*/*Caryedon longispinosus* et *Tamarindus indica*/*Caryedon serratus*. L'efficacité insecticide est évaluée par l'action adulticide (DL50), larvicide (DL50), sur la ponte, la viabilité des oeufs et la persistance d'action.

Les feuilles fraîches et sèches du neem, la poudre d'amande de neem, le piment, les feuilles fraîches de *B. senegalensis* ne présentent pas d'action insecticide dans notre étude. Les fruits broyés de *B. senegalensis* à 10% du poids de graine agissent sur les adultes et la ponte.

Le neem s'est révélé avoir une action insecticide sous forme d'huile à la concentration de 0,02-0,01 ml/g de graine suivant les espèces de bruches. Une étude comparative de l'action insecticide de l'huile de neem et d'arachide montre qu'elles ont un effet adulticide durant deux mois, sur la ponte et sur la viabilité des oeufs pendant trois mois et demi. Cette étude montre que les composés insecticides connus chez le neem n'ont pas d'effet insecticide durable sur les bruches étudiées.

Les deux huiles protègent les semences de Légumineuses aussi bien que la K-OTHRINE à la concentration de 1.10^{-4} g/g de graine, dose cinq fois inférieure à la dose homologuée.

Abstract

Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), *Capsicum frutescens* var "salmon", african shrub *Boscia senegalensis* Pers. and conventional insecticide (K-OTHRINE PP2 GRAIN) have been studied under laboratory conditions to protect leguminous seeds against three seed-beetles in Senegal. The plant/insect studied are *Acacia nilotica*/*Caryedon acaciae*, *Acacia raddiana*/*Caryedon longispinosus*, *Tamarindus indica*/*Caryedon serratus*. The efficiency is estimated by mortality in adults (LD50), larvae (LD50), the number of eggs laid, the number of viable eggs and persistence.

Fresh and dry ground leaves and dry seed kernel powder of *A. indica*, dry capsicum fruit powder, fresh ground leaves of *B. senegalensis* have no biological activity in our study. Fresh ground fruits of *B. senegalensis* at 10 per cent of seed weight have adulticide activity and limit oviposition.

Only neem in the form of oil applied at 0.02-0.01 ml per gram of seeds prove to be an efficient insecticide against these species of bruchid beetles. Comparative study between neem oil and groundnut oil shows that they have an adulticide effect during two months, on oviposition and number of viable eggs for three and a half months. The present study indicates that the insecticidal compounds known to occur in *A. indica* have no lasting effect on the seed-beetles studied.

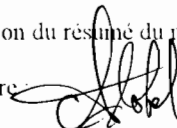
The two oils protect leguminous seeds as well as K-OTHRINE applied at 1.10^{-4} g per gram of seeds, a concentration five times lower than the homologated dose.

Mots clés : *Caryedon acaciae*, "*C. longispinosus*", *C. serratus*, *Acacia nilotica*, *Acacia raddiana*, *Tamarindus indica*, huile, *Azadirachta indica*, arachide, *Boscia senegalensis*, Sénégal.

diffusion
☒ non limitée
☐ limitée

Je soussigné Alex DELOBEL, propriétaire des droits de reproduction du résumé du présent document, autorise toutes les sources bibliographiques à signaler et publier ce résumé.
date : 12/09/1996

Signature :



DIFFUSION DU MEMOIRE

Limites de confidentialité :

Confidentialité absolue :

Résumé diffusable :

Consultation : ☐ sur place ☐ reproduction ☐ prêt

Personne et/ou organisme à contacter

Alex Delobel

Laboratoire de Protection des Stocks ORSTOM/ITA

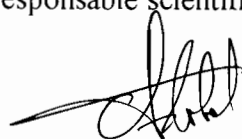
BP 1386 Dakar (Sénégal)

☎ (221) 32 27 46

Fax : (221) 32 47 07

e-mail : delobel@dakar.orstom.sn

le responsable scientifique :



l'auteur :

REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans ce rapport a été réalisé à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM) de Dakar, et au Laboratoire National de Recherche sur les Semences Forestières (LNRSF) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles-Productions Forestières (ISRA-PF) dans le cadre d'une collaboration ORSTOM - ISRA-PF.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont accueilli et ont contribué au bon déroulement de mon stage,

Mr. Papa N'Diengou Sall, directeur de l'ISRA-PF, Mrs. Jean Roussel et Abibou Gaye, chercheur responsable du Projet National de Semences Forestières (PRONASEF), qui m'ont accueilli au sein de la structure sénégalaise,

Mr Alex Delobel (ORSTOM), responsable du Laboratoire de Protection des Stocks, et Mr Pascal Danthu (CIRAD-Forêt), chercheur au Laboratoire National de Recherche sur les Semences Forestières (LNRSF), qui ont assuré l'encadrement scientifique avec beaucoup d'attention,

Mr. Philippe Robert, enseignant responsable du stage, qui m'a guidé pour la rédaction scientifique du rapport, et Mr. Jacques Huignard, responsable de l'Institut de Biocénétique Expérimentale des Agrosystèmes à Tours, qui m'a procuré une grande partie de la bibliographie sur le domaine,

Mbacke Sembène et Serigne Kandji qui m'ont apporté leur aide à de multiples reprises au cours de mon stage,

Maurice Tran, Abdou Sarr et Ibrahima Fall, grâce auxquels j'ai toujours accompli mes expérimentations dans de bonnes conditions,

J'exprime toute ma reconnaissance à tous les membres des deux laboratoires avec qui j'ai partagé ces six mois de stage,

Je tiens à remercier les membres du jury qui m'ont fait l'honneur malgré leurs divers engagements d'être aujourd'hui présents.

A Christelle
et Maureen...

SOMMAIRE

BIBLIOGRAPHIE

A Les bruches	
A-1 Généralités	1
A-2 Systématique des espèces étudiées	1
A-3 Caractéristique morphologique du genre <i>Caryedon</i>	2
A-4 Cycle de développement	3
A-5 Relation plante-insecte	4
B Les plantes hôtes	
B-1 Les Légumineuses ligneuses	6
B-2 Ecologie et caractères morphologiques des espèces utilisées	8
C Les substances insecticides	
C-1 Insecticides de synthèse	10
C-2 Substances naturelles insecticides	10

MATERIELS ET METHODES

A Méthode d'élevage des bruches	14
B Protocole d'étude des substances insecticides	15
B-1 Les différentes substances étudiées	15
B-2 Action insecticide sur les adultes, l'oviposition, les oeufs, les larves et la persistance d'action des produits	16
B-3 L'action répulsive	17
B-4 Capacité germinative des semences forestières protégées par substances insecticides	18
B-5 Test statistique utilisé	18

RESULTATS

A Action adulticide	19
B Action sur la fécondité et la viabilité des oeufs	22
C Action larvicide	25
D Action répulsive des différentes substances	25
E Capacité germinative après scarification mécanique des graines protégées par substances insecticide	25

DISCUSSION

A Efficacité insecticide des substances étudiées	26
B Commentaires et perspectives d'étude	29
C Conclusion	30

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

CADRE D'ETUDE

Le Laboratoire National de Recherche sur les Semences Forestières (LNRSF) a été mis en place dans le cadre du Projet National de Semences Forestières (PRONASEF) financé par les Pays Bas avec une participation de la FAO. Il dépend de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles-Productions Forestières (ISRA-PF). Il a pour vocation de mener des activités de recherche-développement en collaboration avec divers partenaires nationaux et internationaux. Les principaux thèmes abordés sont la physiologie, l'écologie, la parasitologie et la technologie des semences des espèces forestières en zones tropicales sèches.

Le laboratoire de Protection des Stocks est situé dans les bâtiments de l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) de Dakar dans le cadre d'une collaboration entre cet organisme et l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM). L'ITA a pour but de mener et de coordonner les recherches, études et actions concernant le traitement, la transformation, la conservation et le stockage de toutes les denrées alimentaires. Le Laboratoire de Protection des Stocks participe par des analyses phytosanitaires, au processus de contrôle de la qualité des produits alimentaires en collaboration avec les laboratoires de chimie et de microbiologie de l'ITA. Au laboratoire de Protection des Stocks des travaux de recherche spécifiques à l'ORSTOM sont développés comme l'étude des relations plante-insecte chez certains ravageurs des produits stockés.

Les recherches sur la parasitologie au LNRSF sont effectuées en collaboration avec l'ORSTOM. Elles ont pour but une meilleure connaissance des bruches, parasites des graines de Légumineuses ligneuses. L'étude porte sur la dynamique d'infestation au cours de la fructification, l'identification des espèces, l'établissement de la relation graine-parasite afin de déterminer les espèces capables de réinfester un lot de graines stockées, les méthodes de protection des stocks en privilégiant des produits naturels sans nuire aux capacités germinative des semences.

Durant ce stage, l'étude au laboratoire de substances naturelles a permis de cribler un certain nombre de produits ayant une efficacité insecticide contre trois *Caryedon*. Les substances ayant des propriétés insecticides au laboratoire seront étudiées ultérieurement en conditions réelles de stockage afin de protéger les graines de Légumineuses ligneuses. La méthode de lutte sera peu coûteuse, sans danger pour les utilisateurs et facilement applicable en milieu rural au sein des stations de l'ISRA.

BIBLIOGRAPHIE

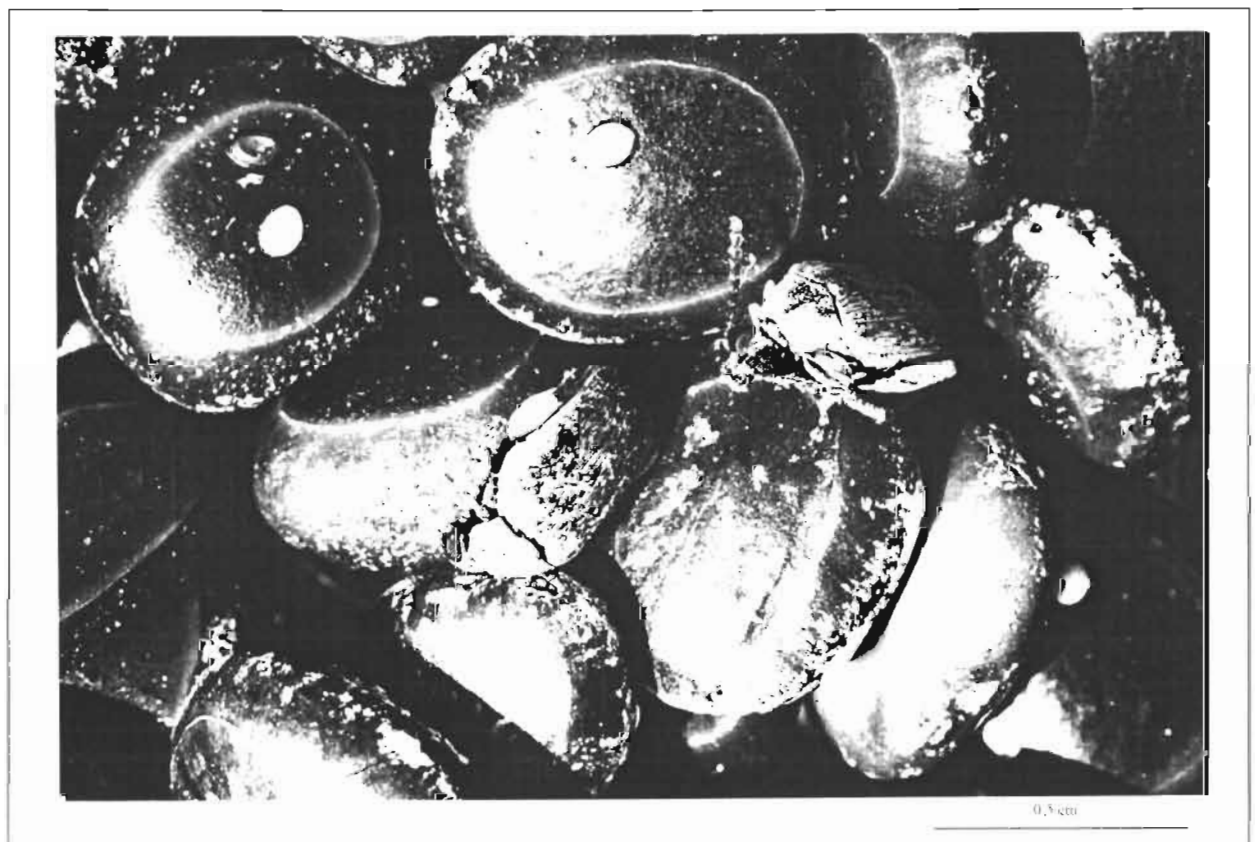


Photo 1 : deux adultes de *C. acaciae* sur des graines d'*Acacia nilotica*. Deux oeufs éclos de couleur blanchâtre sont présents sur les graines au dessus des adultes

A - LES BRUCHES

A-1 GENERALITES

La famille des Bruchidae contient approximativement 1300 espèces regroupées en 56 genres à l'intérieur de 5 sous-familles. Elle est considérée par la plupart des auteurs comme très voisine des Chrysomelidae et des Cerambycidae. Les Bruchidae sont d'importants prédateurs des graines de Légumineuses arborescentes et arbustives des régions tropicales. Cet impact est considéré comme un des principaux facteurs de régulation des populations d'acacias en Afrique (Lamprey *et al.*, 1974; Karschon, 1975).

Les Bruchidae sont représentés en Afrique par au moins 7 genres (*Callosobruchus*, , *Bruchidius*, *Sulcobruchus*, *Acanthoscelides*, *Caryedon*, *Pachymerus*, *Zabrotes* et *Spermophagus*). Le genre *Callosobruchus* est le plus destructif pour les Légumineuses cultivées. Les genres *Bruchidius*, *Sulcobruchus*, *Caryedon*, *Pachymerus*, *Spermophagus* sont généralement moins problématiques pour les Légumineuses alimentaires (Taylor, 1981).

A-2 SYSTEMATIQUE DES ESPECES ETUDIEES

Ordre : Coleoptera
Famille : Bruchidae
Sous famille : Pachymerinae
Tribu : Caryedini
Genre : *Caryedon*

Treize espèces de bruches du genre *Caryedon* ont été recensées dans des graines de diverses Légumineuses ligneuses (Cesalpiniaceae, Mimosaceae et Combretaceae) dans la partie occidentale du Sénégal (Delobel *et al.*, 1995). Il a été mis en évidence que deux des trois espèces étudiées (*Caryedon acaciae* et "*Caryedon longispinosus*") sont monophages car leurs plantes hôtes appartiennent à un seul genre tandis que *Caryedon serratus* est oligophage (Delobel *et al.*, 1995).

A2-1 *Caryedon acaciae* (Gyllenhal) 1833

Caryedon acaciae a été obtenu de *Acacia nilotica tomentosa* dans le nord du Sénégal (Nongonierma, 1978). Il est également signalé sur *Acacia polyacantha* (Decelle, 1979) et plusieurs autres acacias au Sénégal (Udayagiri *et al.*, 1989). On trouve dans la littérature la synonymie suivante :

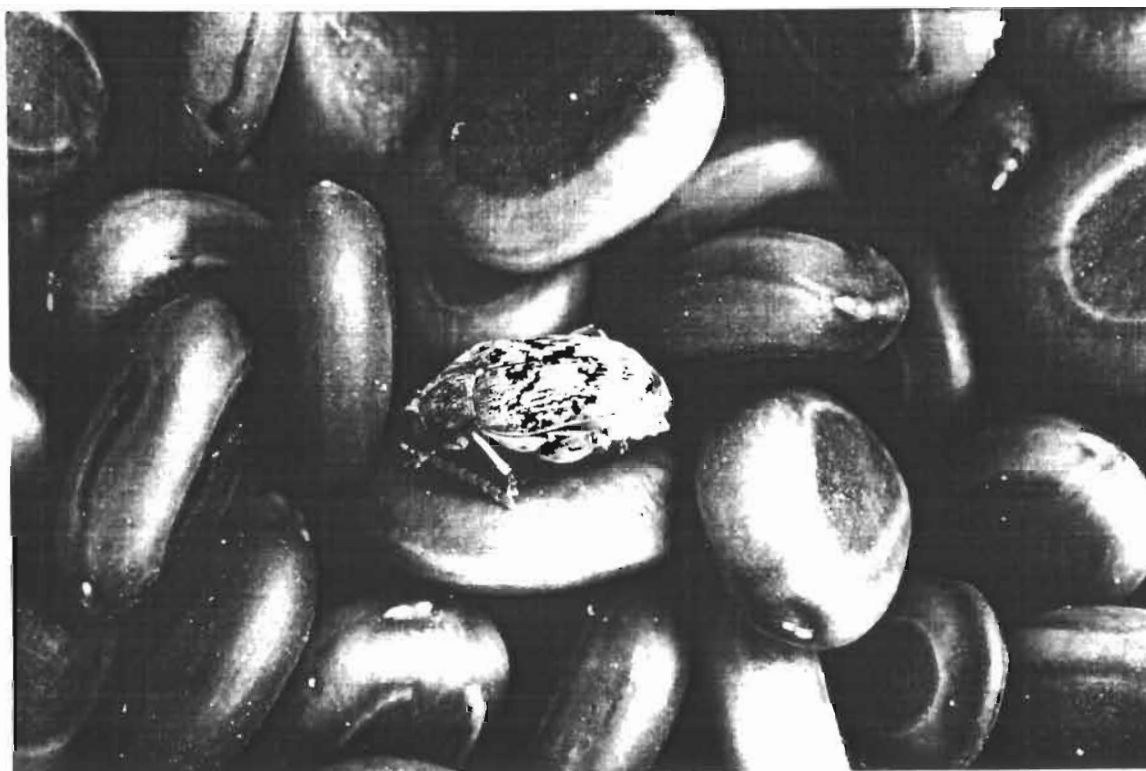


Photo 2 : adulte de *C. longispinosus* sur des graines d'*Acacia raddiana*.



Photo 3 : trois adultes de *C. serratus* sur des graines d'arachide.

Bruchus (Caryoborus) acaciae Gyll. (1833)
Caryedon acaciae Zacher (1952)
Caryoborus capicola Motschulsky (1874)
Caryedon capicola Decelle (1975)

A2-2 "*Caryedon longispinosus*"

"*Caryedon longispinosus*" rencontré sur acacias a été classé sous ce nom par Decelle dans les collections de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire (Dakar), où elles sont restées *in litt.* depuis 1975 (Delobel *et al.*, 1995). Ce nom est utilisé par plusieurs auteurs (Decelle, 1979; Nongonierma, 1978; Udayagiri & Wadhi, 1989). Nous associons ici des guillemets à ce nom afin de signaler que cette mention n'est pas conforme au Code International de Nomenclature Zoologique (Delobel *et al.*, 1995).

A2-3 *Caryedon serratus* Olivier 1790

La bruche de l'arachide, *Caryedon serratus*, est une espèce africaine qui a été décrite en 1790 à partir de spécimens collectés au Sénégal. Elle fut désignée par les entomologistes agricoles sous d'autres appellations spécifiques liées le plus souvent à *Caryoborus* et plus rarement à *Pachymerus* et à *Caryedon*. Ces appellations ont été abusivement employées et désignent en réalité d'autres espèces.

La révision systématique de la bruche de l'arachide sous l'appellation de *C. serratus* a permis d'établir la synonymie suivante (Decelle, 1966) :

<i>C. serratus</i> Olivier (1790)	<i>Caryoborus fuscus</i> Bedel (1901)
<i>Bruchus gonagra</i> Olivier (1790)	<i>Pachymerus fuscus</i> Bedel (1901)
<i>Caryoborus serratus</i> Olivier (1790)	<i>Caryedon fuscus</i> Bedel (1901)
<i>Bruchus gonagra</i> Fabricius (1798)	<i>Pachymerus sibiricus</i> Pic (1924)
<i>Pachymerus gonagra</i> Fabricius (1798)	
<i>Caryedon gonagra</i> Fabricius (1798)	Southgate & Pope (1957)

Cette bruche est distribuée dans presque toute l'Afrique tropicale, essentiellement dans les régions de savane arborée dont le Sénégal (Decelle, 1981). Ses plantes hôtes appartiennent à la famille des Cesalpiniaceae (*Piliostigma thonningi*, *Piliostigma reticulatum*, *Bauhinia rufescens*, *Bauhinia monandra*, *Cassia sieberiana*, *Tamarindus indica*) et des Mimosaceae (*Prosopis africana*) (Prevett, 1965; Delobel *et al.*, 1995).

A-3 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU GENRE *CARYEDON*

Les Bruchidae sont pour la plupart de petits insectes; les plus grands n'excèdent pas 10 mm de longueur, et la majorité des espèces sont de l'ordre de 3 à 4 mm. Ils ont une forme ovale, mais qui paraît légèrement tronquée aux deux extrémités. La plupart des espèces ont de grands yeux composés, avec une fente profonde en "U" s'ouvrant vers l'avant. Les antennes

fines partent de cette fente et mesurent environ la moitié de la longueur totale de l'insecte. Les segments des antennes sont cunéiformes sur la plus grande partie de la longueur. Les élytres sont à peine plus longues que larges. Chez le mâle le dernier tergite abdominal (pygidium) est courbé vers l'avant de l'insecte alors que pour la femelle il est droit. Les pattes portent des griffes bien développées à l'extrémité de tous les tarsi. Les fémurs postérieurs sont larges et armés de piquants sur le bord ventral près de l'apex (Southgate, 1983).

Les *Caryedon* ont une pubescence constituée de poils aplatis en écailles, couvrant le thorax et les élytres. Ces poils forment des plages de diverses teintes, allant du brun clair au noir, parsemées de petites taches blanches (Bridwell, 1929 *in* Prevet, 1965). Les dessins représentés sur les élytres sont caractéristiques de certaines espèces, mais ce n'est pas un caractère de détermination suffisamment précis.

L'observation des différences morphologiques des genitalia mâles permet d'identifier de façon sûre les espèces du genre *Caryedon* (Prevet, 1965). L'ovirupteur présente aussi des différences spécifiques facilement observables au microscope optique. Cette pièce chitinisée, située dorsalement sur le premier tergite thoracique, est caractéristique des larves du premier stade chez les Bruchidae (Delobel *et al.*, 1995).

A-4 CYCLE DE DEVELOPPEMENT

Peu d'études ont été faites sur la biologie de la majorité des espèces de Bruchidae, en dehors de celle qui sont associées aux Légumineuses à graines cultivées, par conséquent on a peu de détails sur leur cycle biologique. Les espèces associées aux Caesalpiniaceae et au Mimosaceae attaquent les graines au moment où les jeunes gousses se forment. Les larves, après éclosion, pénètrent dans les graines et restent pendant toute la durée de leur évolution dans les graines et les gousses en développement. La sortie des insectes adultes coïncide avec la maturité des graines (Southgate, 1983). Les *Caryedon* adultes des trois espèces étudiées sont polyvoltins et donc susceptibles de continuellement réinfester des semences forestières stockées. Par contre d'autres *Caryedon* comme *C. albonotatum* sont monovoltins et effectuent qu'une seule génération par an.

A4-1 Accouplement-ponte

L'activité reproductrice de *C. serratus* est essentiellement crépusculaire et nocturne (Cancela da Fonseca, 1965; Boucher & Pierre, 1988) comme le souligne Gagnepain *et al.* (1986) par leurs observations au champ avec des pontes au début de la nuit. Comme pour d'autres insectes phytophages, des composés volatiles produits par la plante agissent sur

l'oogenèse et permettent aux bruches de reconnaître leur plante hôte. La production ovarienne augmente alors rapidement durant les premiers jours de la vie imaginale chez *C. maculatus* puis devient ensuite stationnaire (Ouedraogo & Huignard, 1981). L'absorption de pollen ou de nectar n'est pas indispensable pour la maturation des ovaires mais un repas de pollen et d'eau tous les dix jours accroît la fécondité et prolonge la vie de l'insecte (Delobel, 1989).

Les trois espèces étudiées ont des oeufs hémiovoïdes. En règle générale le développement de l'oeuf dure une semaine à partir du moment de la ponte. Le chorion protège l'oeuf de la dessiccation et lui assure une fixation solide sur l'hôte. Il aide la larve à pénétrer dans la gousse en lui fournissant un point d'appui pour percer une voie d'entrée à l'aide de ses mandibules. Le chorion de l'oeuf présente chez le genre *Caryedon* une assez grande homogénéité morphologique. La différenciation entre espèces ne se fait correctement qu'à un très fort grossissement, qui permet de distinguer l'ornementation réticulée, caractéristique de chaque espèce (Delobel & Sembène, données non publiées).

A4-2 Stades larvaires et nymphal

La première nécessité pour la larve à l'éclosion est l'accès à la graine. Il faut plusieurs heures à celle-ci pour pénétrer à travers la paroi de la gousse puis à l'intérieur de la graine. Les larves de Bruchidae creusent tout d'abord une galerie à l'intérieur de la graine, et ensuite l'élargissent en une loge. Durant leur période de croissance, qui peut durer quatre semaines ou davantage selon les conditions de température et d'alimentation, les larves muent trois fois. Les larves de dernier stade percent le tégument de la graine avec leurs mandibules et laissent un trou appelé orifice de sortie. Elles se nymphosent dans un cocon papyracé situé à l'intérieur de la gousse ou à l'extérieur selon les espèces.

A4-3 Diapause

On n'observe pas de diapause chez les trois espèces étudiées dans des conditions d'expérimentation au laboratoire. Par contre d'autres espèces (*C. albonotatum*) présentent une diapause à l'intérieur du cocon, qui semblent levée par l'arrivée des pluies (Delobel *com. pers.*).

A-5 RELATION PLANTE-INSECTE

A5-1 Exemples d'interaction bruches-graines de Légumineuses

La production semencière des Légumineuses arborescentes peut être détruite par ces insectes séminivores à 50% (Abdullah & Abulfatih, 1995), 96% (Nongonierma, 1978) voire 99% (Lamprey *et al.*, 1974). Tybirk (1991) rapporte qu'en conditions de stockage "*C. longispinosus*" détruit 31 à 100% des graines d'*Acacia tortilis* et *C. acaciae* 28 à 84% des graines d'*Acacia nilotica*. Par contre, on n'observe pas d'attaque de bruches sur les acacias

australiens poussant en Afrique du Sud alors que les espèces endémiques sont fortement parasitées. L'explication de ce phénomène serait la présence dans les graines d'acacias provenant d'Australie de composés secondaires différents des autres acacias du reste du monde (Southgate, 1979).

Les bruches sont des insectes spécialistes car 80-90% des espèces ont seulement un ou deux hôtes (Johnson, 1981a; Labeyrie, 1981). Les bruches s'adaptent à la taille de la graine hôte grâce à leur faculté adaptative de miniaturisation (Varaigne-Labeyrie & Labeyrie, 1981; Hideux, 1984). Il existe donc une corrélation entre la taille des bruches et la biomasse de la graine (Ernst, 1992). Center & Johnson (1974), Lamprey *et al.* (1974), Johnson (1981b, 1981c), Credland (1990) considèrent que les bruches possèdent une relation phyletique parallèle avec leur plante hôte.

"*C. longispinosus*", doté d'un spectre alimentaire restreint (*Acacia raddiana* et *A. senegal*) est largement distribué dans l'ensemble des régions sahéenne et soudanienne, où sa répartition recoupe celle de plusieurs espèces d'acacias. Il est probable que la spécificité trophique de cette bruche est davantage liée au comportement de ponte des femelles qu'à la disponibilité de la plante hôte. Pour *C. acaciae*, à spectre alimentaire plus large (5 à 7 espèces hôtes), la répartition des plantes hôtes pourrait jouer un plus grand rôle (Delobel *et al.*, 1995)

C. serratus a colonisé secondairement l'arachide (*Arachis hypogea*) après son introduction en Afrique par les Portugais au 16^{ème} siècle. Il est devenu ensuite un ravageur sérieux de l'arachide stockée (Howe, 1952; Appert, 1956; Green, 1959). Les Caesalpiniaceae hôtes tel *Tamarindus indica* constituent un réservoir de parasites près des cultures d'arachide (Ndiaye & Jarry, 1990). Cette espèce s'est adaptée dans d'autres régions de l'Afrique tropicale et équatoriale mais aussi en Asie, en Amérique. La liste des plantes hôtes de *C. serratus* n'est pas close compte tenu de son introduction dans de nouveaux écosystèmes et de sa capacité à coloniser de nouvelles espèces végétales.

A5-2 Action des bruches sur la germination

Pour étudier l'action des bruches sur la germination, on évalue le pourcentage de germination des graines saines et des graines parasitées. La larve en développement dans la graine détruit majoritairement l'embryon d'où l'absence de germination (Lamprey *et al.*, 1974; Karschon, 1975; Pellew & Southgate, 1984; Southgate, 1978, 1983; Coe & Coe, 1987; El Atta, 1993; Grimm & Fuhrer, 1993) mais pour d'autres auteurs elle favorise la germination par imbibition de l'embryon (Miller, 1994a; Mucunguzi, 1995).

B - LES PLANTES HOTES

B-1 LES LEGUMINEUSES LIGNEUSES

B1-1 Généralités

De par ses conditions climatiques défavorables, le Sahel n'est pas une région de forêts mais plutôt de savanes et de formations végétales ouvertes à arbres et arbustes caractéristiques des climats tropicaux secs. Les parties méridionales sahéliennes reçoivent en moyenne 600 mm de pluie par an tandis qu'au nord la pluviosité atteint à peine 150 mm. Les arbres et arbustes adaptés aux divers biotopes jouent un rôle important dans la vie quotidienne et dans la conservation ou la reconstitution de l'équilibre écologique face à l'extension du désert. Dans ces conditions, les Légumineuses ligneuses sont incontestablement le groupe d'arbres et d'arbustes les plus importants en zone sahélienne (Tybirk, 1991).

Les semences forestières choisies, *Acacia nilotica*, *Acacia raddiana* et *Tamarindus indica*, appartiennent à la super-famille des Légumineuses. Elle comprend trois familles les Fabaceae (1110 espèces), les Caesalpiniaceae (85 espèces) et Mimosaceae (700 espèces) (Berhaut, 1975; Nongonierma, 1978, Cavanagh, 1987). Les acacias africains (Mimosaceae) sont des épineux à feuilles composées bipennées alternes capables de fixer l'azote atmosphérique grâce aux bactéries symbiotiques situés dans les nodules racinaires (Dreyfus & Dommergues, 1981) tandis que *T. indica* (Caesalpiniaceae) en est incapable.

B1-2 L'utilisation traditionnelle des Légumineuses

L'utilisation essentielle du tamarin est culinaire, en effet on l'emploi dans la cuisine traditionnelle et pour produire un jus de fruit. Ces trois espèces sont utilisées à la fois comme ombrage, bois d'oeuvre et bois de feux. Au Sahel, lorsqu'on observe la croissance et la production de bois en régénération naturelle ou en plantation de production on s'aperçoit qu'elle est excellente pour *A. nilotica*, satisfaisante pour *A. raddiana* et mauvaise pour de *T. indica* (Von Maydell, 1983). Le feuillage et les gousses d'*A. nilotica* et d'*A. raddiana* sont fortement appréciés par les animaux. Les populations se servent aussi de ces végétaux dans la pharmacopée traditionnelle contre la dysenterie (*A. nilotica* et *T. indica*), les maladies vénériennes (*A. raddiana* et *T. indica*). Le tamarin est employé pour d'autres pathologies comme les infections grippales, les maladies de la peau et les affections dentaires (Kerharo & Adam, 1974, Berhaut, 1975; Nongonierma, 1978; Von Maydell, 1983).

B1-3 La levée de dormance tégumentaire

Les graines des trois espèces étudiées présentent une dormance due à la résistance et à l'imperméabilité de l'enveloppe tégumentaire pour l'eau et l'oxygène (Tran & Cavanagh, 1984). On estime à 5-10% les graines viables d'acacia qui se développent au champ. Avec 70% de germination et 10% de jeunes plantes en développement il faut environ 1-5 kg/ha de graines pour avoir 1 plant/m² (Clemens, 1980 *in* Cavanagh, 1987). Par contre des prétraitements endommageant le tégument permettent l'entrée d'eau et initient la germination qui survient au laboratoire en quelques jours ou après une à deux semaines au champ. Les principaux traitements appliqués sur les graines de Légumineuses sont :

- l'utilisation d'eau bouillante
- la scarification chimique
- la scarification mécanique

La scarification chimique à l'acide sulfurique concentré (95%) est une des méthodes les plus courantes de traitement pour un large spectre de graines de Légumineuses (Cavanagh, 1987; Danthu *et al.*, 1992). La scarification mécanique consiste à découper sur 10-15 mm² l'enveloppe tégumentaire sans endommager les cotylédons et l'embryon. Ces deux méthodes permettent d'obtenir pour les acacias sahéliens des pourcentage de germination de 80 à 100% du pouvoir germinatif du lot considéré (Roussel, 1984; Danthu *et al.*, 1992).

Un facteur pouvant hâter la germination des graines est le passage de celles-ci à travers le tractus digestif des mammifères. Les résultats sont cependant contradictoires. Pour certains, le suc digestif favorise la scarification des téguments d'où une meilleure germination. Il diminue aussi l'action destructrice des bruches en intervenant probablement directement sur le développement de l'insecte (Halevy, 1974; Lamprey *et al.*, 1974; Pellew & Southgate, 1984; Miller, 1994b). Par contre, Wickens (1969) et Hauser (1994) sur *Faidherbia albida* et Coe & Coe (1987) sur *A. tortilis heteracantha* ne montrent pas que le passage par le tractus digestif des herbivores favorise la germination des graines. Récemment les expériences réalisées sur *A. raddiana* ont montré que les graines déféquées par des boeufs, des moutons ou des chèvres ne ne présentent aucune amélioration de leur capacité germinative par rapport à des semences intactes (Danthu, données non publiées). Les résultats montrant une meilleur germination des graines après ingestion peuvent s'expliquer par le fait que les échantillons choisis comprenaient souvent des graines parasitées (Halevy, 1974; Lamprey *et al.*, 1974; Pellew & Southgate, 1984; Miller, 1994b). Or la digestion détruit les graines dont le tégument est endommagé d'où une augmentation de la viabilité des lots de graines excrétées (Danthu, données non publiées).

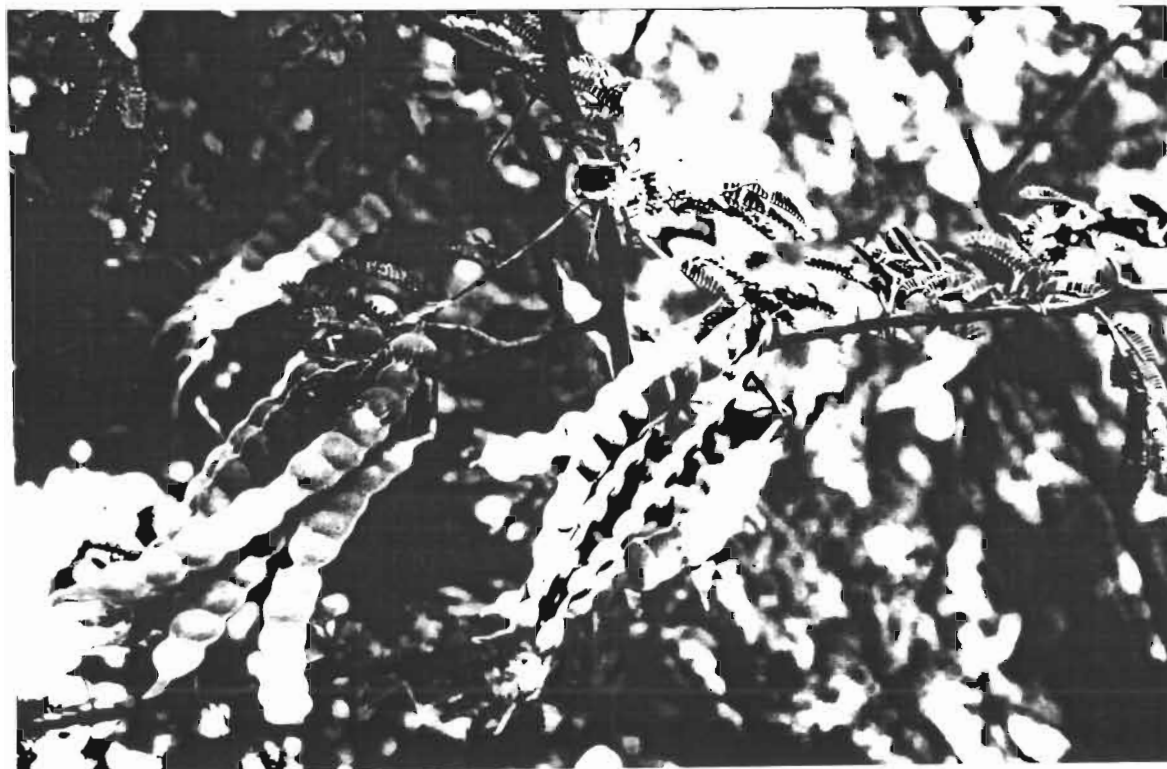


Photo 4 : gousses d'*Acacia nilotica* ssp. *adansoni*.

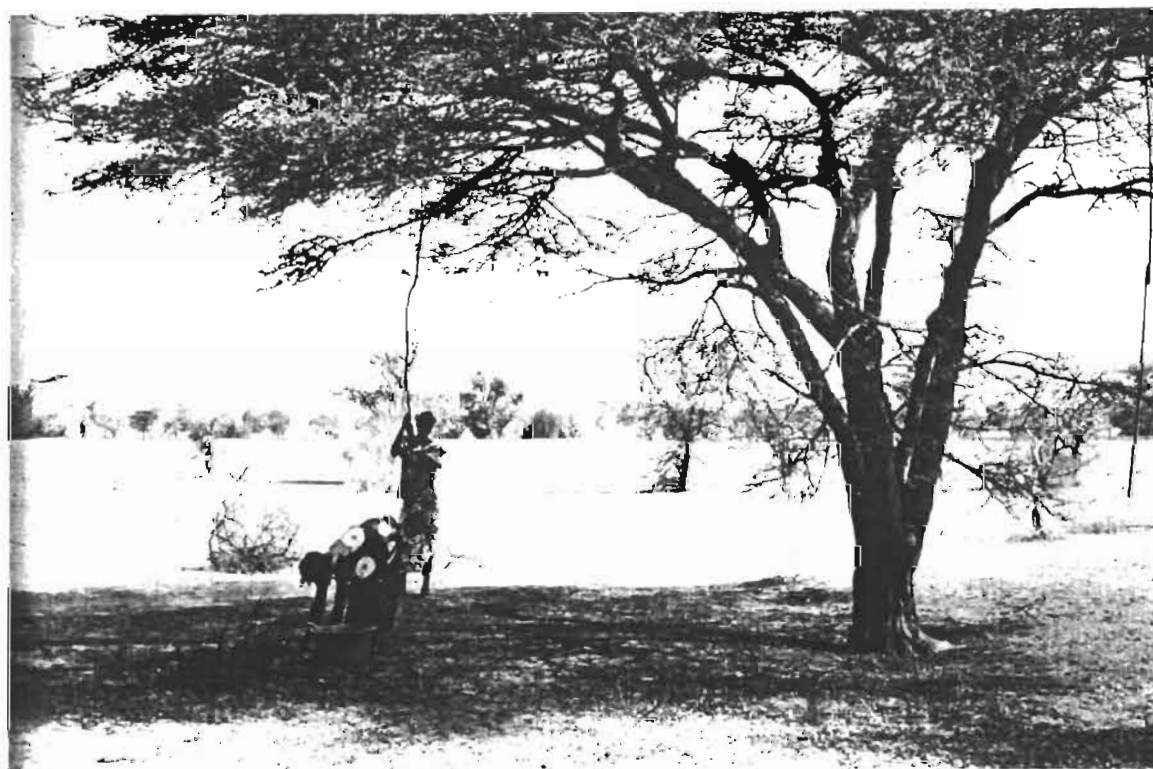


Photo 5 : *Acacia raddiana*, femmes ramassant des gousses pour le bétail

B-2 ECOLOGIE ET CARACTERES MORPHOLOGIQUES DES ESPECES UTILISEES

B2-1 *Acacia nilotica* ssp. *adansoni* (Guill. & Perrott.) O. Ktze et *Acacia nilotica* ssp. *tomentosa* (Benth.) A. F. Hill. (Mimosaceae)

Parmi les acacias africains, *Acacia nilotica* est l'un de ceux dont la dénomination et la subdivision en sous espèces et variétés ont causé un grand nombre de divergences. Ces deux variétés ne se distinguent pratiquement que par leur gousse et leur condition de station. *A. nilotica* ssp. *tomentosa* se développe sur des sols argileux lourds et supporte une inondation périodique assez prolongée.

Acacia nilotica se distribue dans la zone du Sahel et dans la savane humide voisine, de la côte de l'Atlantique jusqu'à l'Afrique orientale. *A. nilotica* ssp. *adansoni* se trouve de préférence sur les sols profonds sableux limoneux par exemple des dunes fossiles ou des champs de mils abandonnés.

Caractères morphologiques (Berhaut, 1975; Von Maydell, 1983)

- Epines axillaires par paires, droites, très fines, atteignant 10 cm.
- Feuilles bipennées, 3 à 6 paires de pinnules avec chacune 10 à 30 paires de folioles de 4 à 5 mm de longs, finement poilues.
- Les fleurs forment des boules d'un jaune vif, axillaires ou verticillées au bout des rameaux. Les gousses de *A. nilotica* ssp. *adansoni* sont légèrement incurvées, à bords sinués entre les graines, 10 à 15 cm de longueur (photo 4).

B2-2 *Acacia raddiana* Savi (Mimosaceae)

Synonymie : *Acacia tortilis* Hayne, *A. fasciculata* Guill. & Perrott., *A. tortilis* (Forsk.) (Von Maydell, 1983)

Acacia raddiana est un petit arbre de 8 à 10 m des régions arides et semi-arides au sud et au nord du Sahara (photo 5). Il est distribué du Sénégal à l'Afrique orientale sur des sols érodés par le vent ou l'eau et aussi sur les éboulis latéritiques. Cette espèce est particulièrement résistante à la sécheresse, pousse entre les isohyètes de 50 et 1000 mm, malgré de longues périodes de sécheresse, des températures diurnes très élevées et nocturnes descendant jusqu'à 0°C.

Caractères morphologiques (Berhaut, 1975; Von Maydell, 1983)

- Epines axillaires, par groupes de deux, droites, blanches, de 2 à 10 cm.
- Feuilles bipennées alternes, avec 2 à 5 paires de pinnules longues de 2 à 3 cm.



Photo 6 : gousses de *Tamarindus indica*.

- Les fleurs sont blanc crème, très odorantes, en capitules larges de 7 à 10. Les gousses sont typiquement spiralées; elles font 8 à 13 cm de long et 6 à 8 mm de large.

B2-3 *Tamarindus indica* L. (Caesalpiniaceae)

Tamarindus indica est un arbre atteignant 30 m de haut, probablement originaire de Madagascar et répandu aujourd'hui dans toute l'Afrique tropicale sèche. L'espèce est d'affinité écologique sahélo-soudanaise, mais se rencontre également dans la zone soudano-guinéenne. Dans les zones sahéliennes, on le trouve sur les bords de cours d'eau et sur des terrains où la nappe phréatique est proche. La régénération naturelle n'est que sporadique. Les graines transportées par les oiseaux et les mammifères germent bien à l'abri d'autres arbres, spécialement du baobab ou sur les termitières, mais les jeunes plants sont très broutés.

Caractères morphologiques (Berhaut, 1975; Von Maydell, 1983)

Feuilles alternes, pennées, à rachis de 7 à 12 cm portant 9 à 12 paires de folioles, arrondies aux deux extrémités.

Les fleurs, jaunes à dessins rouges, sont en grappes de 3 à 5 cm de long, portant 5 à 10 fleurs. *Tamarindus indica* a des fruits droits ou légèrement courbés, cylindriques, de 5 à 15 cm de long et 2 à 3 cm de large, avec 1 à 10 graines brunes luisantes (photo 6).

C - LES SUBSTANCES INSECTICIDES

Les bruches sont pendant la plus grande partie de leur vie cachée à l'intérieur des graines. Toute méthode de lutte doit par conséquent être dirigée contre la phase exposée, c'est à dire les insectes adultes, les oeufs ainsi que le dernier stade larvaire avant la formation du cocon.

C-1 INSECTICIDES DE SYNTHÈSE

Les famille de matières actives utilisées contre les bruches des Légumineuses à graines cultivées sont les organo-phosphorés (pyrimiphos-méthyl, malathion, tétrachlorvinphos), les organo-chlorés (endosulfan) et les pyréthrinoïdes de synthèse (deltaméthrine). Deux applications d'endosulfan (0,075% du poids de graines) ou de malathion (0,05% du poids de graines) sont prescrites pour lutter contre les bruches des denrées stockées (Vir, 1994). Avec le pyrimiphos-méthyl, un traitement à la dose de 1% pour 100kg de gousses de niébé permet de limiter le niveau d'attaque à 15% après 6 mois de stockage (Dabire, 1982). Par contre Daglish & Samson (1990) n'ont pas observé pour le fénoxy carb (famille des carbamates) et le diflubenzuron (famille des benzoyl-urées) d'efficacité contre *A. obtectus*. De toute façon, l'emploi d'insecticides chimiques contre les parasites des arbres est trop coûteux en zone aride et semi-aride et demande un certain niveau de technicité non acquis par les paysans.

C-2 SUBSTANCES NATURELLES INSECTICIDES

L'apparition de lignées d'insectes résistants aux insecticides et les contraintes posées par l'effet nocif de certains résidus impose de rechercher d'autres moyens de lutte comme les plantes indigènes à effet insecticides (Delobel & Malonga, 1987).

C2-1 *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae)

C21-1 Généralités

Le neem, originaire d'Inde, est maintenant répandu à travers l'Afrique et l'Asie. Son composé le plus important est l'azadirachtine bien que plus de 25 composés différents aient été isolés dont 9 possèdent une activité comme régulateur de croissance (Saxena, 1989). L'azadirachtine a été isolée en 1968 à partir des graines de neem mais la détermination de la structure complète fut seulement réalisée 17 ans plus tard (Mordue & Blackwell, 1993). L'analyse des graines de neem montre qu'elles contiennent 80-85% azadirachtine A, 20-25%

azadirachtine B et 1% azadirachtine C-I (Jacobson, 1989; Rembold, 1989; Schmutterer 1990; Mordue & Blackwell, 1993). La base de tous ces isomères est un tetratriterpénoïde.

Suivant la provenance des graines le taux d'azadirachtine est variable. Les graines provenant d'Inde contiennent 0,1 à 0,3% d'azadirachtine tandis que les graines de certains pays d'Afrique peuvent contenir 0,5-0,6% et quelquefois jusqu'à 0,9% d'azadirachtine (Ascher, 1993). De plus, le taux d'azadirachtine est fluctuant suivant les stades de développement du neem. Selon Yakkundi *et al.* (1995), les fruits doivent être récoltés lorsqu'ils passent de la couleur verte à jaune pour avoir une concentration élevée en azadirachtine.

C21-2 Mode d'action et dose d'application

L'azadirachtine est à la fois un anti appétant, un répulsif, un adulticide, un stérilisant et un ovicide chez de nombreux insectes (Jacobson, 1989; Rembold, 1989; Saxena, 1989; Schmutterer 1990; Mordue & Blackwell, 1993). Saxena (1989) cite 123 espèces d'insectes sensibles dont le genre *Callosobruchus* contrôlé pendant 6-8 mois avec le neem (Daniel, 1990; Van Huis, 1991). Pour produire 1 à 2 l d'huile, on utilise 10-15 kg de graines soit 4-5 kg d'amande (Ascher, 1993).

adulticide

L'huile de neem à 0,01 ml/g protège les graines de niébé contre *C. maculatus* pendant 6 mois (Daniel & Smith, 1990). L'huile de neem par sa texture a aussi une activité non négligeable sur les adultes en créant un film gras asphyxiant sur la cuticule, oblitérant ainsi les orifices respiratoires (Schoonhoven, 1978).

action anti-appétante et répulsive

Saxena (1989) rapporte que des plants de riz traités avec de l'huile de neem à faible dose ont une action répulsive sur différents Lépidoptères ravageurs des cultures. Toutefois si l'effet anti-appétant est certain pour les ravageurs externes, il est nul sur les formes endophytes (De Luca, 1979). De même, l'action répulsive n'est pas généralisable à toutes les espèces sensibles au neem. Par exemple chez *Forficula* sp., Sauphanor (1995) n'a pas mis en évidence d'effet répulsif pour une dose de 50 ppm d'azadirachtine.

réduction de la fécondité et de la ponte

Les femelles en contact avec des extraits de neem ont une fécondité et une ponte fortement réduite (Saxena, 1989). L'action larvicide de l'huile de neem empêche l'émergence du premier stade larvaire de *C. maculatus* plus par une barrière physique que par les propriétés insecticides de l'azadirachtine (De Luca, 1979; Yadav, 1985 in Schmutterer, 1990). La texture de l'huile bloque l'évolution embryonnaire.

action sur la croissance

L'azadirachtine modifie le taux d'ecdysone par étalement du pic hormonal et en intervenant en même temps sur le système neuroendocrinien (Saxena, 1989; Schmutterer, 1990; Mordue & Blackwell, 1993). L'action de l'azadirachtine comme régulateur de croissance s'observe par une diminution de poids ou un retard de mue (Sauphanor, 1995). Normalement les produits des cellules neurosécrétrices du cerveau se retrouvent dans la partie terminale des axones des *corpora cardiaca* et sont ensuite relâchés dans l'hémolymphe. En présence d'azadirachtine, les neurohormones ne passent pas dans l'hémolymphe (Rembold, 1989; Schmutterer, 1990; Mordue & Blackwell, 1993).

Résistance au neem

Les tests d'appétance et de fécondité avec des extraits de graine de neem n'ont pas encore mis en évidence de résistance même pour des insectes en contact pendant 35 générations avec le neem (Saxena, 1989; Ascher, 1993). Par contre des insectes développent une résistance à un insecticide de synthèse comme la delthaméthrine pendant une période similaire. L'absence de résistance s'explique d'abord par son action multisite tant sur la physiologie que sur le comportement de l'insecte mais aussi par la diversité des composés insecticides comme l'azadirachtine avec ses nombreux isomères (Saxena, 1989; Ascher, 1993).

C2-2 Autres huiles

Shaaya & Pisarev (1990) ont montré que les acides gras ont un effet répulsif suivant la longueur de leur chaîne et empêchent les femelles de déposer leurs oeufs sur les graines. La mortalité larvaire est augmentée par l'huile de niébé (Schmutterer, 1990), de ricin et de soja à 0,01-0,005 ml/g (Pacheco *et al.*, 1995), d'arachide à 0,01-0,005 ml/g pendant 4-5 mois (De Luca, 1979; Sube *et al.*, 1990). Pendant 3 mois, l'huile de palme, de moutarde, de colza, de noix de coco à la dose de 0,004 ml/g diminuent la ponte et empêchent l'émergence des adultes (Sube *et al.*, 1990). D'autre part certaines huiles ont une action répulsive telle l'huile de ricin (De Luca, 1979).

Les huiles végétales n'affectent pas en général la viabilité et l'apparence physique des graines (De Luca, 1979; Van Huis, 1991). De même, Pacheco *et al.* (1995) n'observe pas de réduction significative de la germination après 5 mois pour des graines protégées par des huiles. Par contre d'autres substances à effet insecticide peuvent inhiber la germination comme *Helietta parviflora* (Rutaceae) (Grimm & Fuhrer, 1993).

C2-3 *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. (Capparidaceae)

Boscia senegalensis est utilisé traditionnellement au Sénégal par les paysans contre les insectes des denrées stockées. Pour *C. maculatus*, les fruits frais et les feuilles fraîches broyés ont une action adulticide en 48 heures et empêchent l'émergence d'une nouvelle génération trois semaines après. Par contre les feuilles fraîches entières et les feuilles sèches n'ont aucun effet (Seck *et al.*, 1993). L'analyse de l'odeur par chromatographie en phase gazeuse couplé à une spectrométrie de masse, montre que cette plante contient principalement du méthylisothiocyanate et de l'isopropylisothiocyanate ayant un effet ovicide, larvicide et adulticide (Auger, 1994).

C2-4 Autres substances insecticides

De Luca (1979) rapporte que la pipérine des grains de *Piper nigrum* (Piperaceae), probablement en synergie avec d'autres constituants, protègent le haricot contre *A. obtectus* par son action répulsive. Pour lutter contre cette bruche on utilise aussi *Piper sanctum* (Miq.) Schl. (Piperaceae) comme insecticide sous forme de feuilles séchées broyées (Leroi *et al.*, 1990). La poudre de piment brun (*Piper guineense*) à 0,5% du poids de graines provoque 100% de mortalité pour *C. maculatus* entre 30-40 heures d'exposition (N.Mbata *et al.*, 1995).

MATERIELS ET METHODES

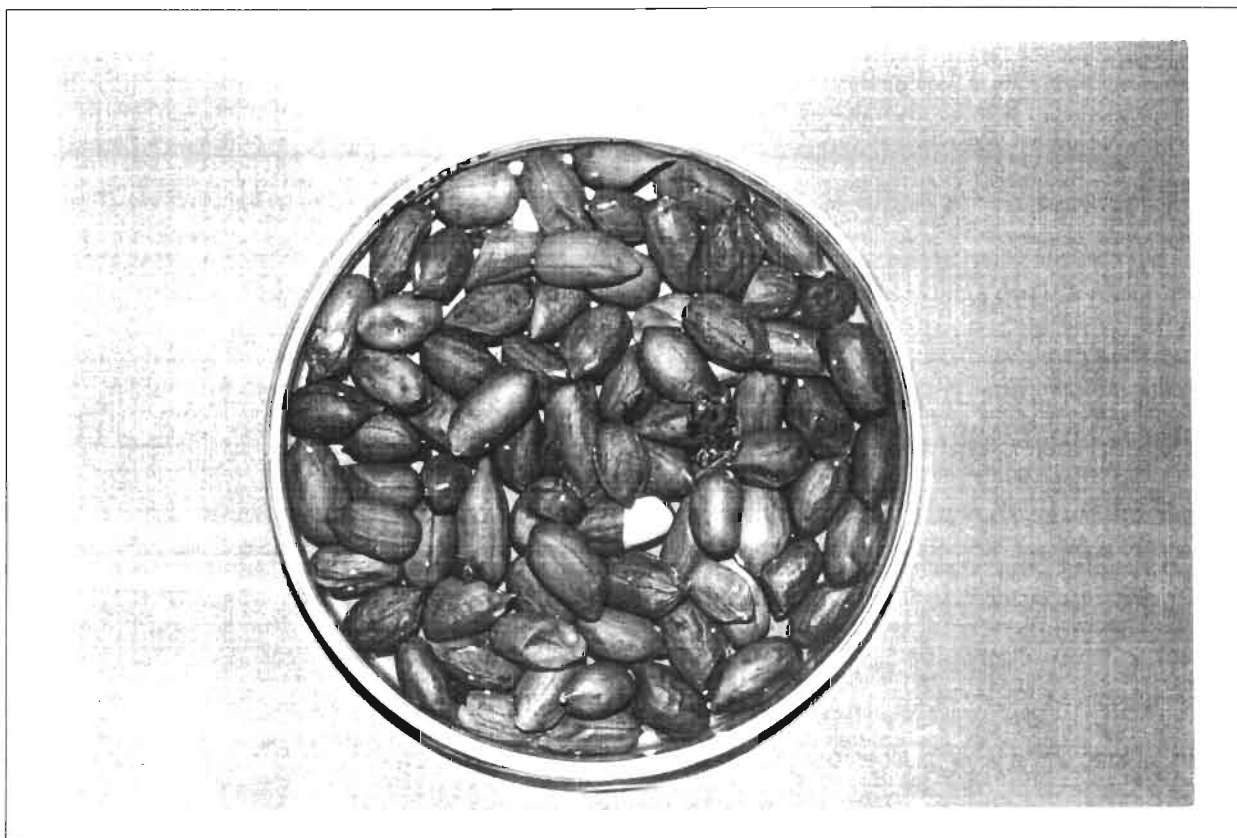


Photo 7 : accouplement et ponte d'adultes de *C. serratus* sur graines d'arachide.

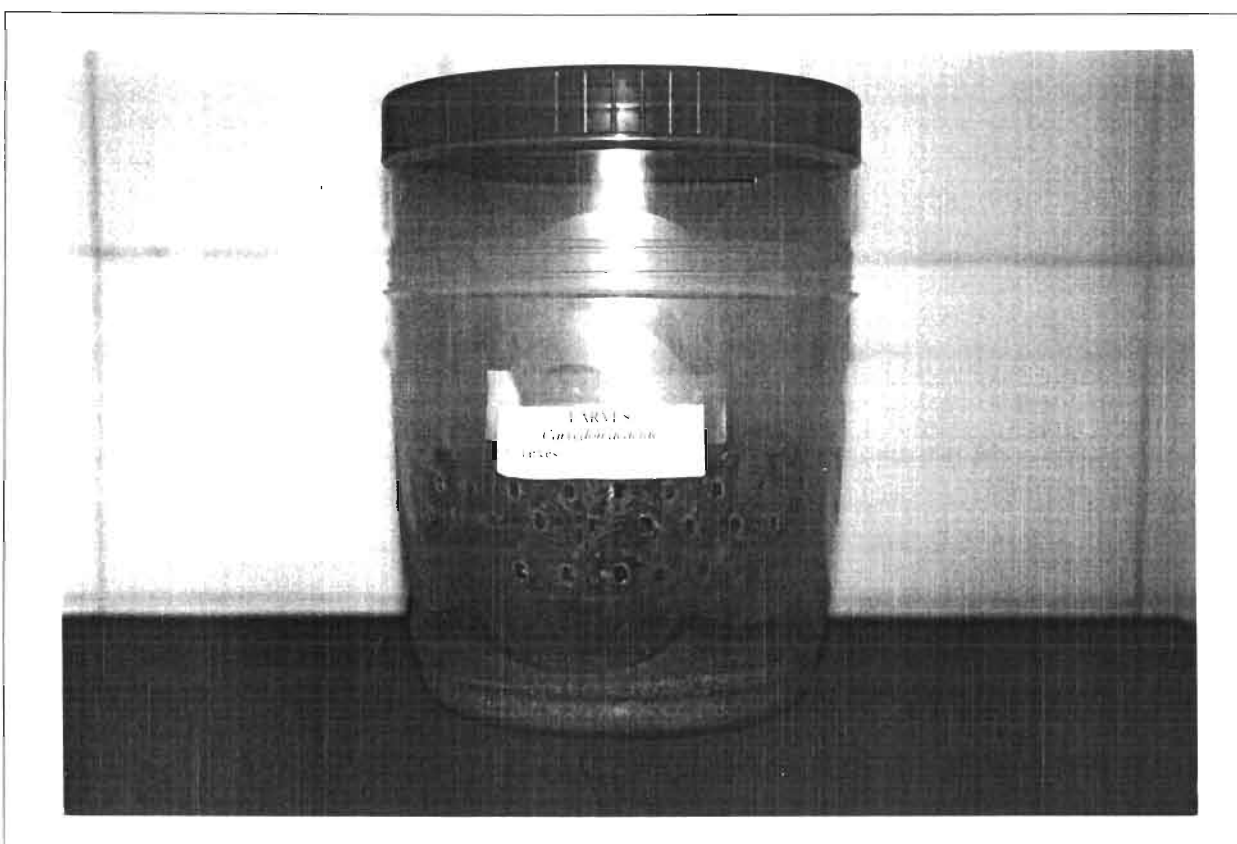


Photo 8 : bocal d'élevage pour obtenir des cocons.

A - METHODE D'ELEVAGE DES BRUCHES

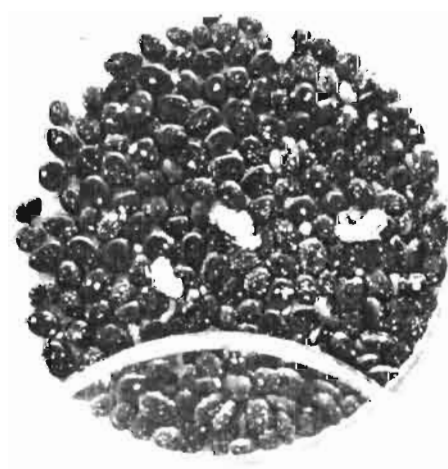
L'élevage des bruches s'effectue à Dakar (14°40'N-17°26'W) à l'Institut de Technologie Alimentaire (Hann) et les expérimentations ont lieu à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (Hann). La souche de *Caryedon acaciae* provient de deux récoltes l'une faite à Mbour (14°24'N-16°58'W) le 21/12/94 et l'autre à Popenguine (14°34'N-17°7'W) le 31/12/94. "*Caryedon longispinosus*" a été récolté le 25/03/95 à 21 km au Nord de Déali (15°3'N-15°42'W). *C. serratus* est prélevé sur de l'arachide provenant de Keur Baka à 22 km au sud de Kaolack (14°09'N-16°04'W). Au début de l'expérimentation, les souches de "*C. longispinosus*" et *C. acaciae* sont maintenues en élevage à l'ITA depuis respectivement 8 et 9 générations. La première génération d'élevage de *C. serratus* date d'avril 96. Les trois espèces ont été identifiées par A. Delobel.

Les élevages permettent d'obtenir chaque mois 600-700 *Caryedon acaciae*, 700-800 "*Caryedon longispinosus*" et 450-550 *Caryedon serratus*. Les adultes de chaque espèce sont accouplés dans des boîtes de Pétri en verre pendant 3 jours maximum à température ambiante (26-30°C). On élève *C. acaciae* sur les graines d'*Acacia nilotica*, "*C. longispinosus*" sur les graines d'*Acacia raddiana* et *C. serratus* sur les graines d'arachide (photo 7).

Les oeufs déposés sur les graines par les femelles sont placés dans une enceinte climatisée à 33°C et à 70% d'humidité relative (HR). La larve de dernier stade forme un cocon entouré de 4-5 graines et on peut récupérer celui-ci en enlevant les graines à la main. Un élevage de masse implique une production de 500-700 cocons à chaque génération d'où l'impossibilité de récupérer manuellement une telle quantité. Il a été mis au point la méthode d'élevage suivante pour standardiser la récupération des cocons. Le récipient contenant les oeufs est formé de deux bocal en plastique imbriqués (photo 8). Le premier est percé au fond et le second contient du sable. Les larves sortent des graines et ensuite se déplacent entre celles-ci avec un géotropisme positif. Elles passent à travers les trous du premier bocal et tombent dans le second. Les larves forment leur cocon recouvert de grains de sable. Deux fois par semaine, le sable est tamisé. Les cocons sont alors récupérés et mis dans des boîtes de Pétri en verre. Le développement nymphal s'effectue toujours à 33°C. Les adultes émergents sont employés soit pour produire une nouvelle génération, soit pour l'étude des substances insecticides.



Photo 11 : feuilles et fruits de *Boscia senegalensis*.



CONTROLE



TEST A
POUR LE TEST A

LE MOIN REPS

Photo 12 : essai toxicité de la poudre de neem pour "*C. longispinosus*". Des oeufs éclos, des cocons et des larves de bruches se trouvent à la fois dans les deux boîtes de Pétri.

B - PROTOCOLE D'ETUDE DES SUBSTANCES INSECTICIDES

B-1 LES DIFFERENTES SUBSTANCES ETUDIEES

B1-1 Les feuilles de neem (Dakar)

On étudie à la fois l'efficacité des feuilles de neem (photo 9) sèches et fraîches. Les feuilles fraîches sont mises directement après broyage au mixeur dans des boîtes de Pétri. Les feuilles sèches sont d'abord exposées au soleil pendant trois jours et ensuite broyées.

B1-2 La poudre d'amande de neem

La poudre d'amande utilisée est produite par une ONG, la Fondation Internationale pour le Développement (FID), à Potou près de Louga (15°37'N-16°13'W) à 200 km au Nord de Dakar. Elle est obtenue avec des graines de moins d'un an. On décortique les graines sans casser l'amande avec un pilonnage léger. L'amande est pilée pour donner de la poudre de neem qui est ensuite tamisée afin d'éliminer les morceaux de graines trop grossiers.

B1-3 Les huiles végétales

L'huile de neem provient du même organisme que la poudre de neem. La poudre de neem chauffée à la vapeur pendant 5-6 mn permet d'obtenir une pâte homogène d'où on extrait l'huile. Avec la presse actionnée par la force humaine, on récupère l'huile dans un bocal (photo 10). Ce type de matériel permet d'avoir 1 litre d'huile à partir de 3 kg d'amandes soit 10 kg de graines non décortiquées. L'huile de neem a été fabriquée début mai 96 avec des graines stockées depuis moins d'un an.

L'huile d'arachide employée est produite industriellement par la Sonacos. L'efficacité de l'huile de neem est comparée celle de l'huile d'arachide pour évaluer l'efficacité adulticide des composés présents dans le neem. L'effet larvicide des deux huiles est aussi comparé.

B1-4 *Capsicum frutescens* var. "salmon"

Le piment séché est acheté sur le marché local. Il est broyé au mixeur avant d'être déposé dans les boîtes de Pétri.

B1-5 *Boscia senegalensis*

Des graines et des feuilles fraîches de *B. senegalensis* sont prélevées à la station expérimentale de l'ISRA à Bandia (14°36'N-17°02'W) (photo 11, page suivante). Les fruits verts sont décortiqués au scalpel et on broie l'amande au mixeur. Cette pâte compacte est déposée dans les boîtes de Pétri. Les feuilles fraîches sont simplement broyées et ensuite testées.



Photo 9 : feuilles, fleurs et fruits de neem (*Azadirachta indica*).



photo 10 : pressage à Potou de la poudre de neem précédemment chauffée à la vapeur pour obtenir de l'huile de neem.

B1-6 L'insecticide de synthèse

La référence insecticide chimique, achetée à Dakar, est la K-OTHRINE PP2 GRAIN avec comme matière active 2 g de delthaméthrine/kg de produit. La dose prescrite par la firme phytosanitaire pour protéger les denrées stockées entre huit mois et un an est de 1 mg de delthaméthrine/kg de graine. Cette concentration correspond à 0,5 g de produit/kg de graines soit 0,05% du poids de graine. Les concentrations employées sont 0,01%; 0,005%; 0,0025% du poids de graines. Deux autres doses intermédiaires sont réalisées pour déterminer une DL50 à 24 heures pour les adultes et les larves.

B-2 ACTION INSECTICIDE SUR LES ADULTES, L'OVIPOSITION, LES OEUF, LES LARVES ET LA PERSISTANCE D'ACTION DES PRODUITS

Les semences forestières des espèces végétales hôtes ont été prélevées à plusieurs endroits. *A. nilotica* ssp. *adansoni* a été récoltée le 10/04/96 à Bandia. *A. raddiana*, récoltée le 08/04/96, provient de Dahra (15°20'N-15°37'W) tandis que *T. indica*, achetée à Dakar en avril 1996, est originaire de la région de Mopti (Mali). Les couples insecte/graine choisis sont les suivants : *Caryedon serratus*/*Tamarindus indica*, "*Caryedon longispinosus*"/*Acacia raddiana* et *Caryedon acaciae*/*Acacia nilotica*.

L'efficacité insecticide d'une substance est testée en boîtes de Pétri de diamètre 9 cm à température ambiante (28-30°C). 100 graines pour *Acacia nilotica*, 200 graines pour *Acacia raddiana* et 50 graines pour *Tamarindus indica* sont respectivement déposées dans chaque boîte de Pétri. Pour chaque expérience, on pèse les graines pour définir la quantité de produit à appliquer à chaque concentration. Si le produit étudié est frais on détermine préalablement la teneur en eau. Les concentrations choisies dans cette étude pour les produits solides sont 10%, 2% et 0,5% du poids de graines (photo 12) sauf pour l'insecticide de synthèse ($1 \cdot 10^{-4}$ g/g; $5 \cdot 10^{-5}$ g/g; $2,5 \cdot 10^{-5}$ g/g de graine); et pour les produits liquides 0,02 ml, 0,01 ml et 0,005 ml/g de graines. A chaque concentration de produit on réalise 4 répétitions.

Pour évaluer l'effet adulticide, on dépose trois mâles et trois femelles âgés au maximum de quatre jours. On compte les morts pendant les quatre premiers jours, ensuite au 7^{ème} jour et au 10^{ème} jour. Si la substance a un effet adulticide, on réalise deux autres concentrations intermédiaires pour établir la dose létale pour 50% de la population (DL50) après 24 heures d'exposition au composé insecticide. La DL50 est obtenue par la méthode des probits de Finney (1971).

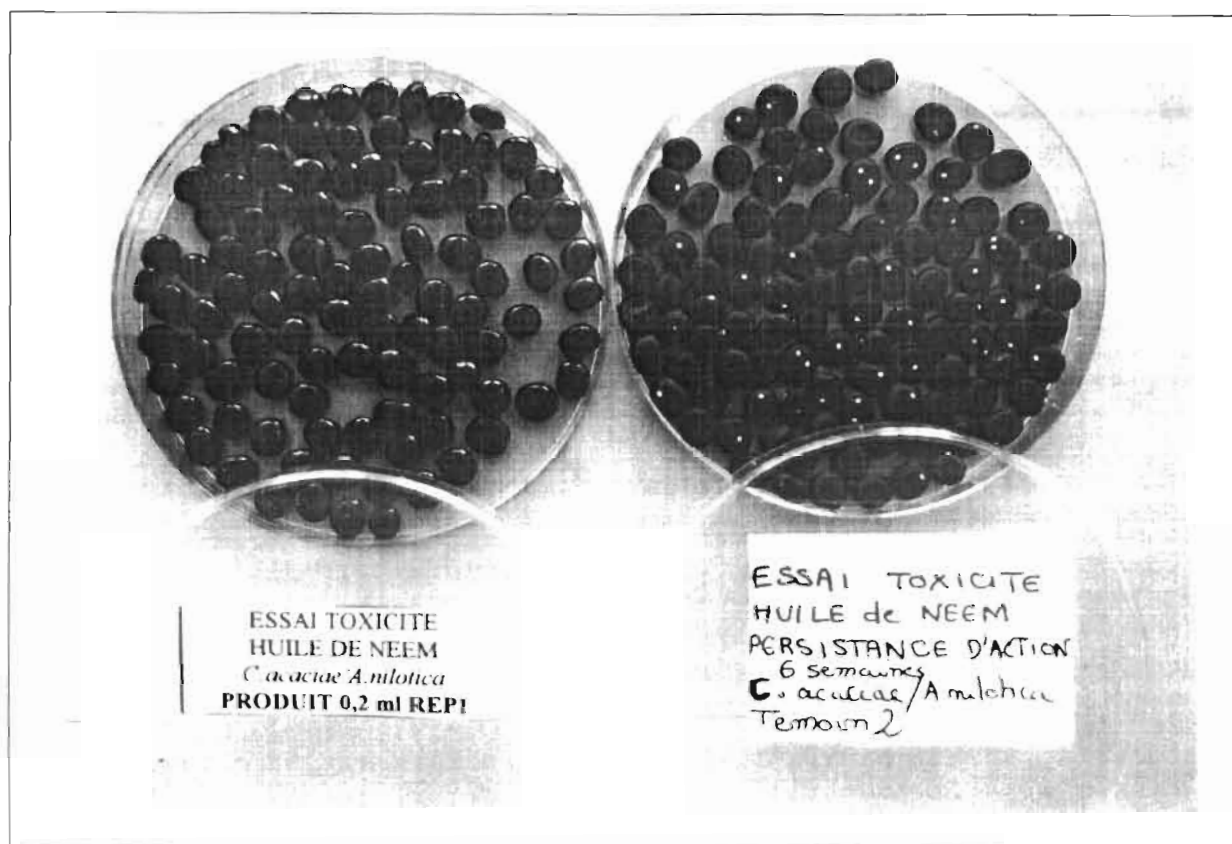


Photo 13 : essai persistance d'action avec l'huile de neem contre *C. acaciae*. On observe la présence d'oeufs éclos dans le témoin.

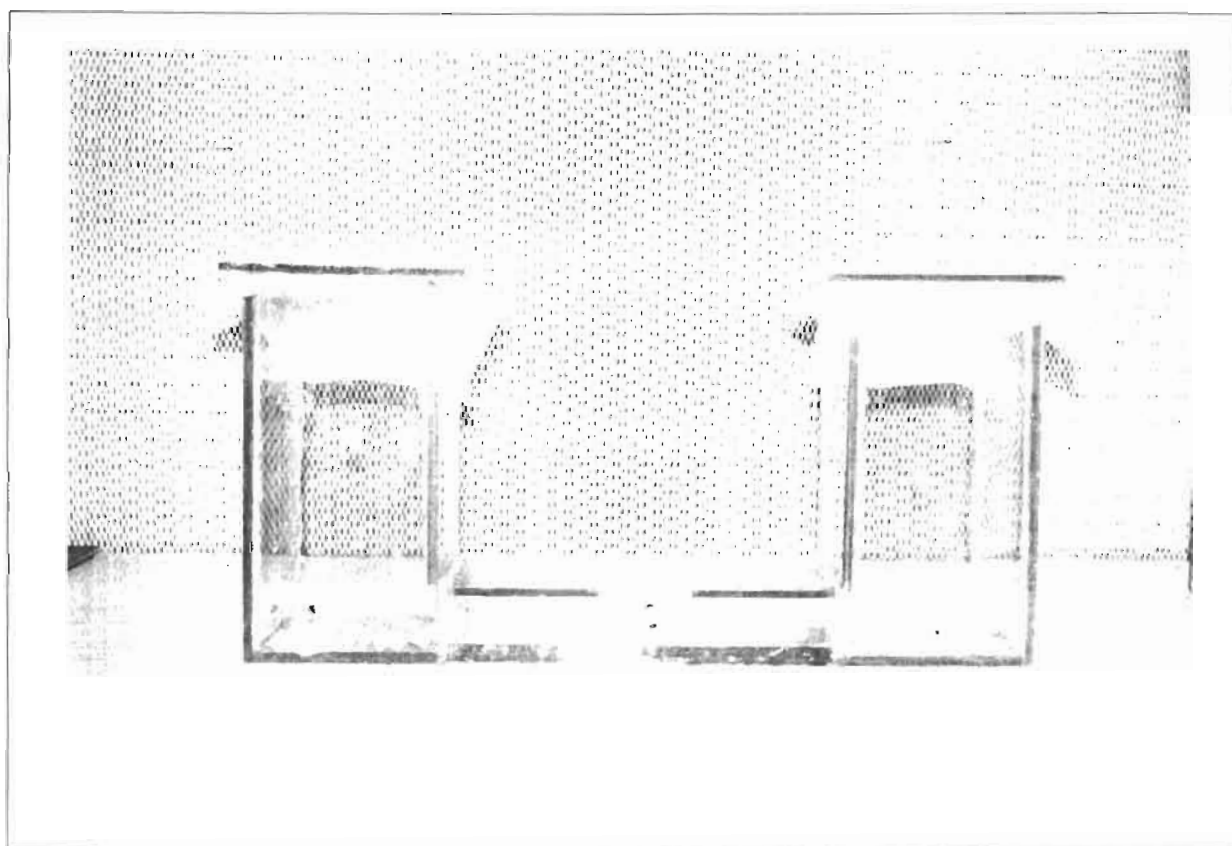


Photo 14 : dispositif expérimental pour l'étude de l'action répulsive des différentes substances étudiées. Cette expérience sans substance insecticide dans un des deux abris permet de voir si les insectes se répartissent aléatoirement dans le dispositif

Pour les substances à effet adulticide on étudie l'action sur l'oviposition en dénombrant les oeufs déposés et l'action sur la viabilité des oeufs en comptant le nombre d'oeufs éclos (oeufs viables).

Pour les substances n'ayant pas une action adulticide seul le nombre d'oeufs viables est dénombré. En effet on observe visuellement que le nombre d'oeufs déposés est quasiment identique à celui des oeufs viables à 2-3 oeufs près.

Généralement un oeuf est considéré comme éclos s'il a une couleur blanchâtre qui indique que la larve a pénétré à l'intérieur de la graine. Avec des produits liquides dans les essais, les oeufs éclos n'ont pas tous cet aspect blanchâtre. Il faut alors dans le cas présent vérifier quels sont les oeufs réellement éclos en soulevant le chorion avec une pince et en observant l'orifice d'entrée de la larve de 1^{er} stade.

La persistance d'efficacité adulticide est évaluée en déposant trois mâles et trois femelles sur des graines recouvertes d'un produit insecticide. Avant d'être infestées artificiellement par des bruches, les graines sont laissées en contact avec le produit pendant 6 semaines (photo 13) et 15 semaines et seulement à 8 semaines pour l'insecticide de synthèse. On simule de cette façon une contamination par les bruches de graines protégées par substances insecticides. Les insectes restent en contact avec l'insecticide durant dix jours et on dénombre les morts comme précédemment. L'action sur la ponte et l'émergence du premier stade larvaire est évaluée comme ci dessus.

Pour quantifier l'action larvicide des substances adulticides, on dépose six larves du quatrième stade larvaire âgées de moins de quatre jours en présence de graines traitées. Elles proviennent à la fois des élevages et de graines issues d'essai de substances naturelles n'ayant pas eu d'effet insecticide. Après 24 heures, on compte les larves mortes et une DL50 est déterminée.

B-3 L'ACTION REPULSIVE

Un test comportemental est mis en place pour évaluer l'effet répulsif des substances testées d'un point de vue qualitatif. On utilise deux espèces de bruches *C. acaciae* et "*C. longispinosus*". Le dispositif expérimental comprend un couloir en verre (20cmx10cmx5cm) relié à deux abris (10cmx10cmx20cm) (photo 14). Le dispositif 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 bruches se trouvent au début de l'expérience. Six bruches sont déposées par une fenêtre au centre du couloir. Les insectes s'orientent vers l'un ou l'autre abri si l'odeur en

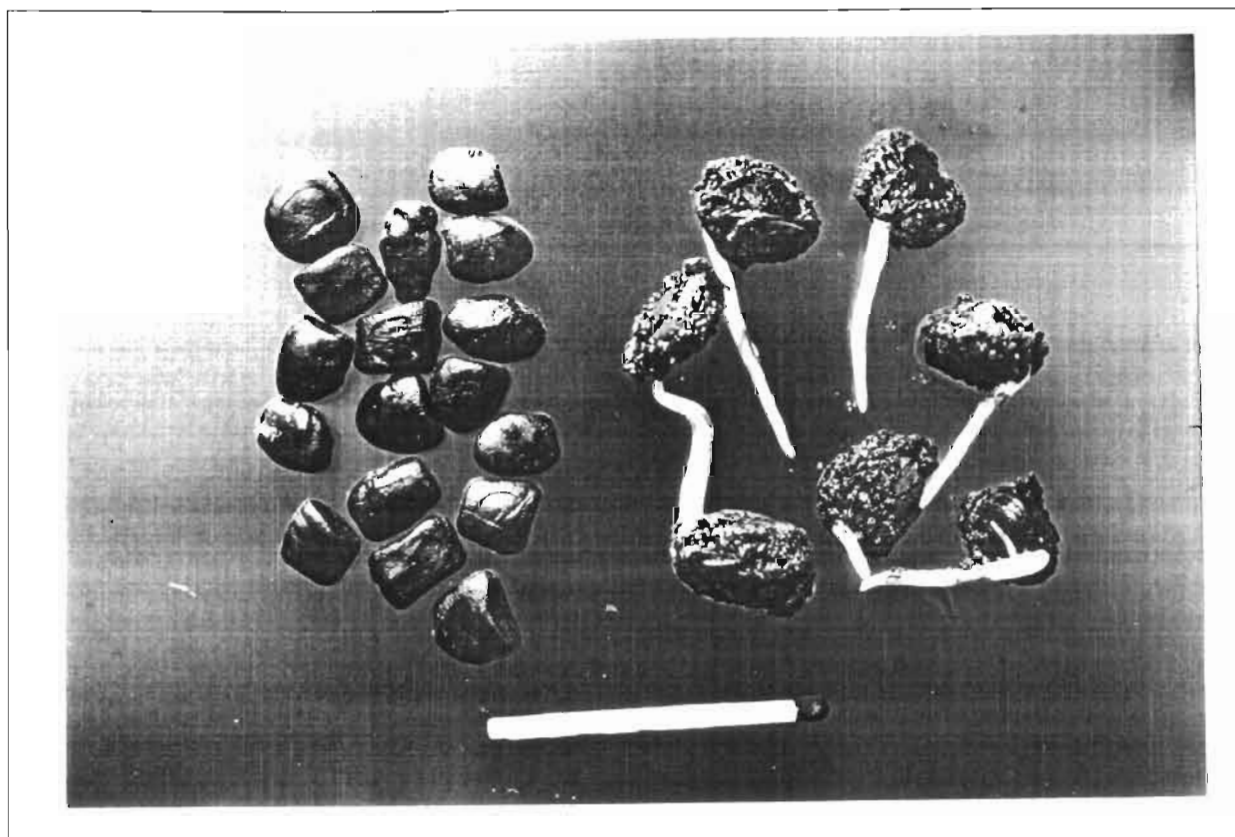


Photo 15 : germination par scarification chimique de graines de *T. indica*. Graines non germées à gauche, graines germées à droite.

présence est attractive ou répulsive. On réalise d'abord une première expérience (témoin) sans substance des deux cotés pour voir si les insectes se répartissent aléatoirement dans le dispositif. Dans la seconde expérience (essai) on met toujours la substance dans l'abri gauche. On dépose dans un creuset pour les produits solides 2 g de substance et pour les produits liquides 5 ml. Ce creuset est recouvert d'un morceau de moustiquaire pour empêcher le contact de l'insecte avec le produit. Dans le témoin et l'essai, 4 répétitions de six insectes sont réalisées. La position des bruches est notée dans le dispositif après 1 heure à l'obscurité : les insectes sont à l'intérieur de l'abri droit ou de l'abri gauche ou bien dans le couloir en verre.

B-4 CAPACITE GERMINATIVE DES SEMENCES FORESTIERES PROTEGEES PAR SUBSTANCES INSECTICIDES

Pour les graines protégées par une concentration donnée d'insecticide, on vérifie que les substances insecticides n'inhibent pas la germination de celles-ci. On étudie donc la capacité germinative des semences forestières protégées par des substances insecticides. Cette capacité germinative est évaluée en scarifiant mécaniquement un lot témoin sans protection insecticide et trois lots de graines protégées depuis deux mois et demi par des substances insecticides aux doses les plus élevées de l'étude (huile de neem, huile d'arachide, insecticide de synthèse). Pour chaque lot de graine, 4 répétitions de 100 graines sont déposées dans des boîtes de germination (17,5cmx11cmx5,5cm) avec au fond 1 cm de sable stérilisé (Danthu *et al.*, 1995). On enfonce les graines au niveau de la surface du sable humidifié. Le comptage des graines germées s'effectue durant huit jours après le début de l'expérimentation. La germination est effective lorsqu'on observe la sortie de la radicule du tégument de la graine (photo 15) (Côme, 1967).

B-5 TEST STATISTIQUE UTILISE

Pour chaque expérience une analyse de variance est effectuée avec le logiciel STATITCF. Lorsque les résultats sont significativement différents ($P=0,05$), un test de Newmann-Keuls (5%), comparaison de moyennes, est réalisé aux valeurs (alignées verticalement sur les courbes et horizontalement par groupe de quatre données sur les histogrammes). Des lettres différentes déterminent des moyennes significativement différentes au seuil de 5%. L'abréviation "ns" sur les figures signifie que les moyennes ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

RESULTATS

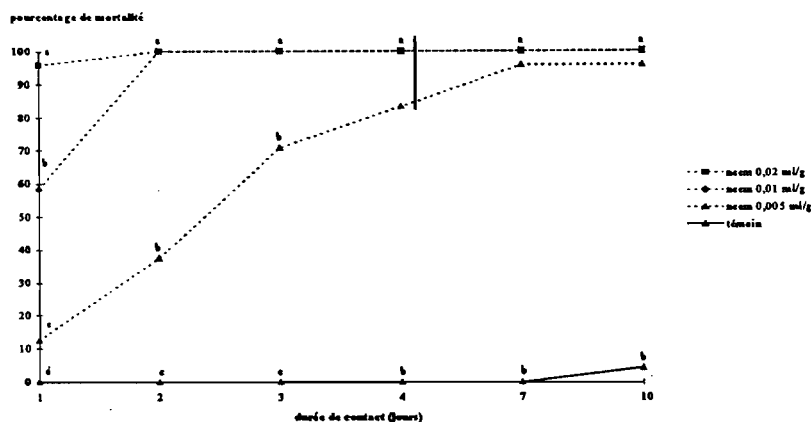


Figure 1 : action adulticide de l'huile de neem sur *C. acaciae* durant les dix premiers jours de protection des graines.

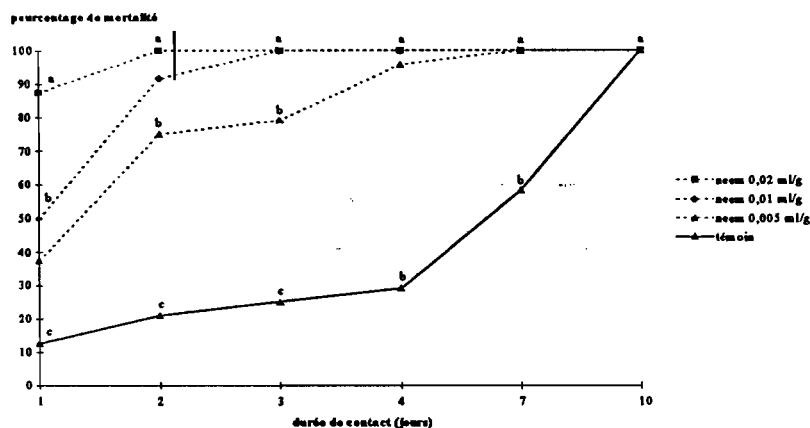


Figure 2 : action adulticide de l'huile de neem sur *C. longispinosus* durant les dix premiers jours de protection des graines.

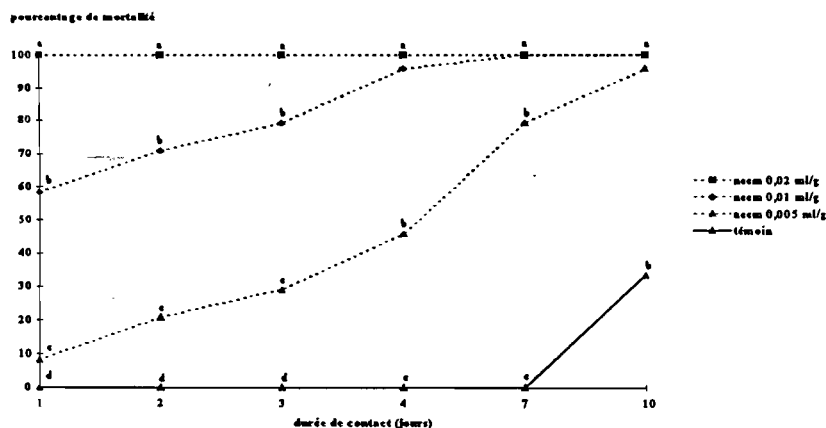


Figure 3 : action adulticide de l'huile de neem sur *C. serratus* durant les dix premiers jours de protection des graines.

RESULTATS

A-ACTION ADULTICIDE

A-1 Le neem

Les feuilles fraîches (teneur en eau : 62%) et sèches, ainsi que la poudre d'amande âgée d'un an n'ont pas d'efficacité adulticide contre les trois *Caryedon* étudiés : les trois concentrations utilisées ne montrent pas de différence significative de mortalité par rapport au témoin (Annexe I-A, I-B, I-C).

Les DL50 pour l'huile de neem sont respectivement 0,01 ml/g pour *C. acaciae*; 0,008 ml/g pour "*C. longispinosus*" et 0,012 ml/g pour *C. serratus* (annexe II). L'espèce la plus sensible à l'huile de neem est "*C. longispinosus*" et celle la plus résistante *C. serratus*.

Les résultats obtenus pour des graines venant juste d'être recouvertes d'huile de neem montrent que l'huile à la concentration de 0,02 ml/g a une bonne action adulticide. Elle tue 100% des *C. acaciae* (figure 1) et "*C. longispinosus*" (figure 2) en 2 jours et des *C. serratus* en une journée (figure 3). A la dose de 0,01 ml/g les adultes de *C. acaciae* sont tués en 2 jours, ceux de "*C. longispinosus*" en 3 jours et ceux de *C. serratus* en 7 jours alors qu'à 0,005 ml/g il faut de 7 à plus de 10 jours pour tuer l'ensemble des adultes de chaque espèce.

Pour les trois espèces de bruches on évalue la persistance d'action de l'huile en contact avec les graines depuis 6 semaines. Les résultats ne montrent pas de différence significative de mortalité entre l'huile de neem et le témoin (annexe III-A). L'étude de la persistance d'action après 15 semaines de protection des graines par l'huile confirme les résultats obtenus à 6 semaines : absence d'action adulticide de l'huile de neem. (annexe III-B).

L'huile de neem a une action adulticide sur *C. acaciae*, "*C. longispinosus*" et *C. serratus* qui perdure moins de deux mois.

A-2 L'huile d'arachide

La DL50 est 0,021 ml/g pour *C. acaciae*; 0,014 ml/g pour "*C. longispinosus*" et 0,015 ml/g pour *C. serratus* (annexe II). "*C. longispinosus*" est l'espèce la plus sensible à l'huile d'arachide.

La première semaine de protection des graines par de l'huile d'arachide, on obtient pour les trois espèces de *Caryedon* 100% de mortalité à 0,02 ml/g en 2 ou 3 jours, à 0,01 ml/g en 7 jours. A 0,005 ml/g la mortalité après 10 jours (92%^a, témoin 21%^b) de contact avec le produit n'est pas significativement différente des deux autres doses pour *C. acaciae* (figure 4, page

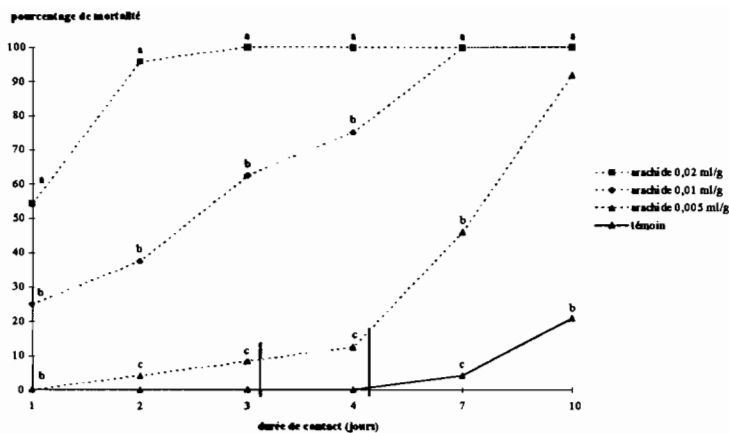


Figure 4 : action adulticide de l'huile d'arachide sur *C. acaciae* durant les dix premiers jours de protection des graines.

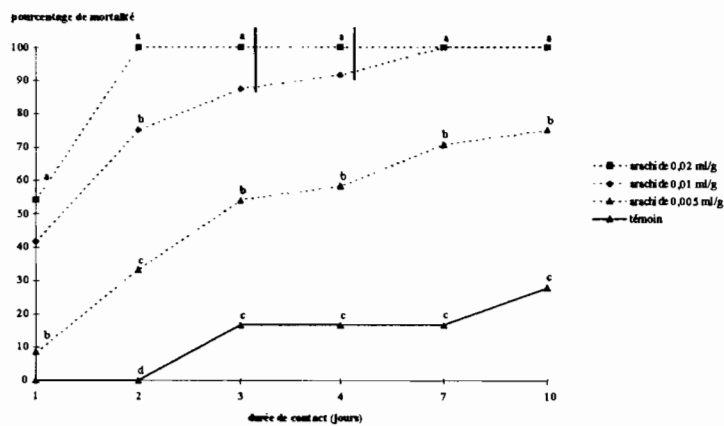


Figure 5 : action adulticide de l'huile d'arachide sur *C. serratus* durant les dix premiers jours de protection des graines.

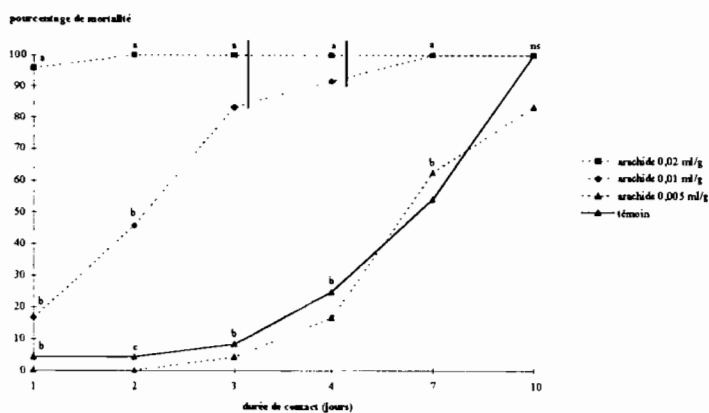


Figure 6 : action adulticide de l'huile d'arachide sur *C. longispinosus* durant les dix premiers jours de protection des graines.

suivante). Par contre pour *C. serratus* à 0,005 ml/g on n'obtient que 75%^b (témoin 28%^c) de mortalité après 10 jours (figure 5). Pour "*C. longispinosus*" au bout de 10 jours la mortalité à 0,005 ml/g n'est pas statistiquement différente de celle du témoin (figure 6). La durée de vie des adultes de "*C. longispinosus*" n'excède pas 15 jours sans alimentation d'où un niveau de mortalité plus élevé des adultes pendant cette période comparé aux deux autres espèces.

L'huile d'arachide en contact avec les graines depuis 6 semaines montre une bonne action adulticide à 0,02 ml/g pour "*C. longispinosus*". En effet le pourcentage d'adultes morts après 7 jours de contact est de 100%^a à 0,02 ml/g, 87%^a à 0,01 ml/g et 46%^b pour le témoin. L'huile d'arachide n'a plus d'action adulticide sur *C. acaciae* et *C. serratus* si les graines sont protégées depuis 6 semaines avec de l'huile d'arachide (annexe IV-A). Après 15 semaines de contact avec l'huile d'arachide, l'étude de la persistance d'action adulticide des ces deux bruches confirment les résultats obtenues pour 6 semaines de couverture par le produit (annexe IV-B). Après 15 semaines de protection des semences les "*C. longispinosus*" sont éliminés après 4 jours de contact avec 0,02 ml d'huile d'arachide/g de graine (annexe IV-B).

L'huile d'arachide, comme l'huile de neem, a une action adulticide pour *C. acaciae*, "*C. longispinosus*" et *C. serratus* entre 0 et 2 mois. Au delà de 2 mois cette huile agit uniquement sur les adultes de "*C. longispinosus*".

A-3 Comparaison l'efficacité de l'huile de neem et l'huile d'arachide (annexe V)

Durant la première semaine de protection des graines, l'huile de neem à 0,02 ml/g pour *C. acaciae* détruit en une journée 96%^a des individus et l'huile d'arachide 54%^b. A partir de 48h, les deux huiles à 0,02 ml/g agissent de la même façon. On obtient à la concentration de 0,01 ml/g 100% de mortalité en 2 jours avec l'huile de neem et en 7 jours avec l'huile d'arachide. A la dose de 0,005 ml/g pour *C. acaciae*, l'huile de neem est plus efficace que l'huile d'arachide les sept premiers jours de contact.

A la concentration de 0,02 ml/g, les deux huiles dès le premier jour ont la même action adulticide sur "*C. longispinosus*". On obtient à 0,01 ml/g 100% de mortalité en 3 jours avec l'huile de neem (témoin 25%^b) et en 7 jours avec l'huile d'arachide (témoin 54%^b). A la concentration 0,005 ml/g on obtient 100% d'efficacité adulticide après 7 jours de contact avec l'huile de neem. L'huile d'arachide à 0,005 ml/g n'a pas d'action adulticide sur "*C. longispinosus*" : le pourcentage de mortalité dans l'essai durant les 10 jours de contact est soit inférieur soit équivalent au témoin d'un point de vue statistique.

Pour *C. serratus*, l'huile de neem à 0,02 ml/g provoque en une journée 100%^a de mortalité alors qu'on obtient seulement 54%^b d'efficacité adulticide avec l'huile d'arachide

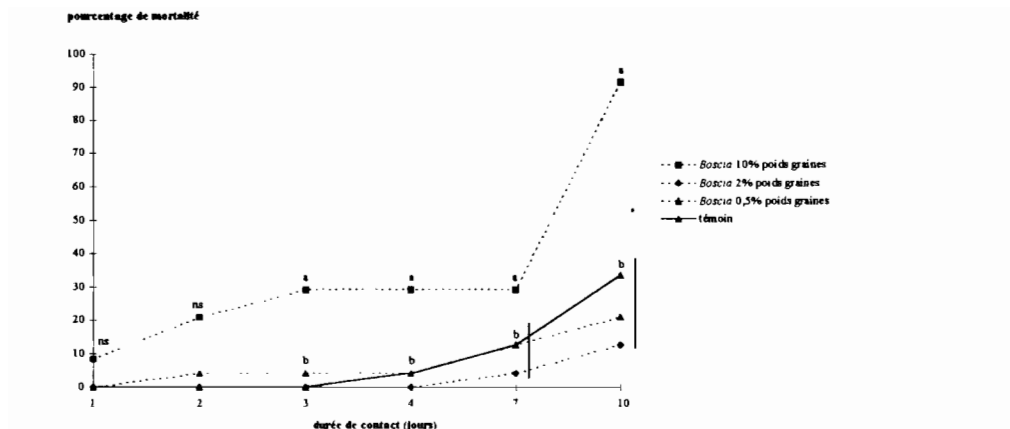


Figure 7 : action adulticide de fruits frais de *B. senegalensis* sur *C. acaciae*.

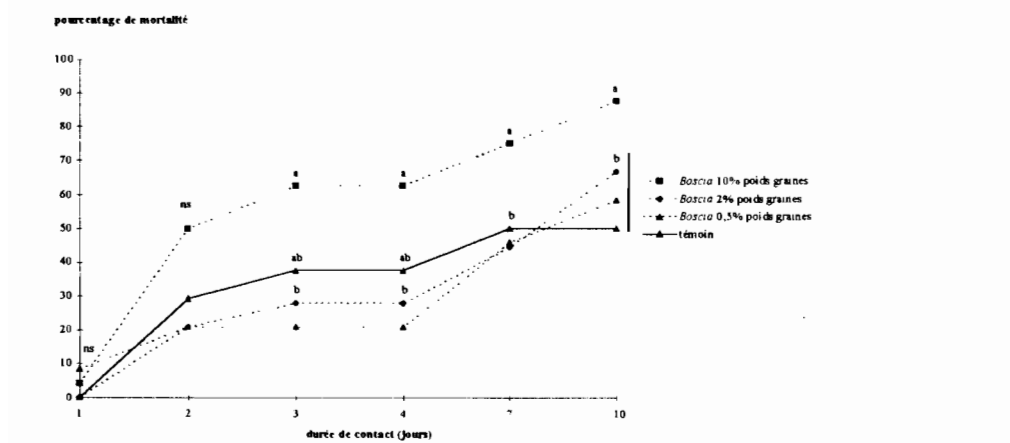


Figure 8 : action adulticide de fruits frais de *B. senegalensis* sur *C. serratus*

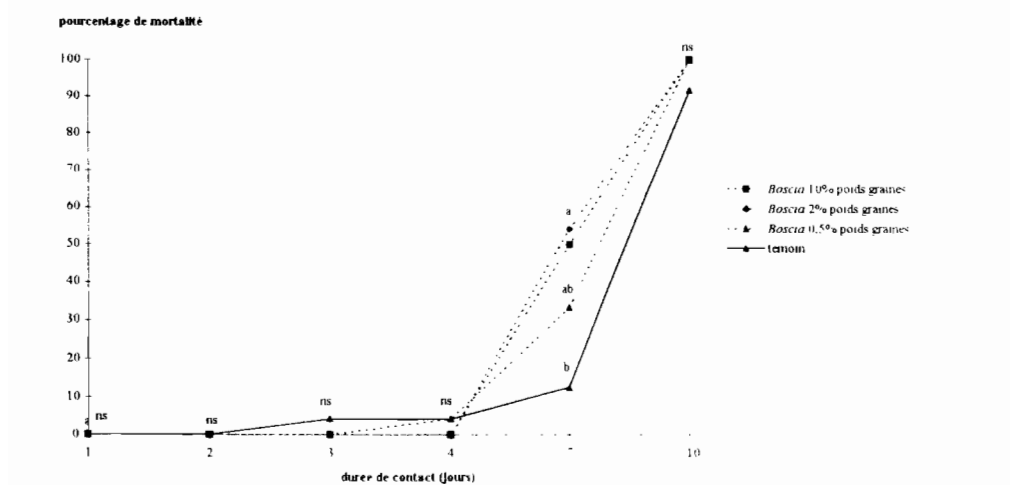


Figure 9 : action adulticide de fruits frais de *B. senegalensis* sur *C. longispinosus*

(témoin 0%). L'action des deux huiles à cette dose est identique à partir du deuxième jour de comptage. Les deux huiles à 0,01 ml/g éliminent tous les *C. serratus* en 7 jours. A 0,005 ml/g, l'huile de neem (96^a%) a une action adulticide statistiquement différente de celle de l'huile d'arachide (75^b%) au bout de 10 jours de contact avec le produit (témoin 33%).

A la concentration 0,02 ml/g de graine, les deux huiles ont à peu près la même action adulticide. Aux deux autres doses, l'huile de neem a une meilleure action adulticide que l'huile d'arachide pour *C. acaciae* et "*C. longispinosus*" mais seulement à 0,005 ml/g pour *C. serratus*.

A-4 Le piment (annexe VI)

Les résultats obtenus dans les essais ne sont pas statistiquement différents de ceux des témoins. Le piment n'a pas d'action adulticide sur les trois espèces de bruches étudiées.

A-5 *Boscia senegalensis*

Feuille fraîche (Annexe VII)

Pour les trois *Caryedon* les feuilles fraîches (teneur en eau : 30%) aux trois concentrations (10%, 2%, 0,5%) ne montrent pas une mortalité significativement plus importante que celle du témoin.

Fruit frais

Après 10 jours de contact avec les fruits frais broyés de *B. senegalensis* (teneur en eau : 50%), seule la dose de 10% pour *C. acaciae* (figure 7) et *C. serratus* (figure-8) a une action adulticide significativement différente du témoin.

Avec "*C. longispinosus*", la seule action adulticide significativement différente du témoin s'observe à 10% (50%^a) et à 2% (54%^a) après 7 jours de contact avec les fruits frais (témoin 13%^b) (figure 9). On n'obtient pas au 10^{ème} jour dans les essais une mortalité significativement différente des témoins. Le pourcentage de mortalité dans les témoins à 10 jours est très élevé vu la faible durée de vie des "*C. longispinosus*" non alimentés.

Les feuilles fraîches de *Boscia senegalensis* n'ont pas d'action adulticide sur *C. acaciae*, "*C. longispinosus*" et *C. serratus*. Les fruits frais ont uniquement une action adulticide à 10% du poids de graine pour les trois espèces de bruches étudiées.

A-6 Insecticide de synthèse (K-OTHRINE)

Les DL50 pour la K-OTHRINE sont respectivement pour *C. acaciae* 4,96.10⁻⁵ g/g; pour "*C. longispinosus*" 3,26.10⁻⁵ g/g et pour *C. serratus* 4,61.10⁻⁵ g/g (annexe II) "*C. longispinosus*" est l'espèce la plus sensible à la K-OTHRINE.

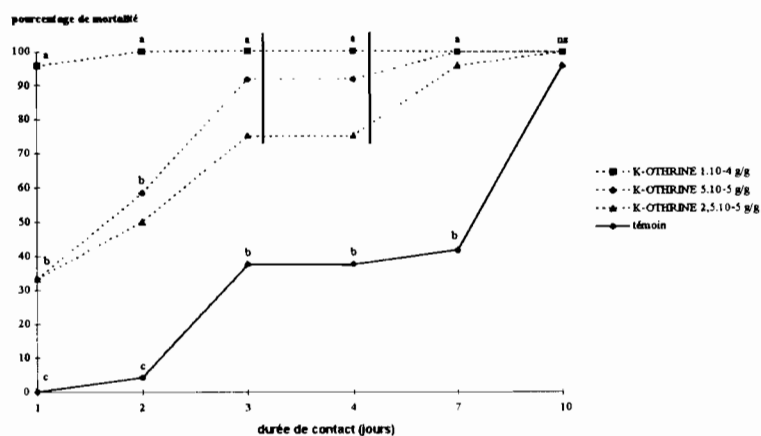


Figure 10 : action adulticide de la K-OTHRINE sur *C. longispinosus* après 8 semaines de protection des graines.

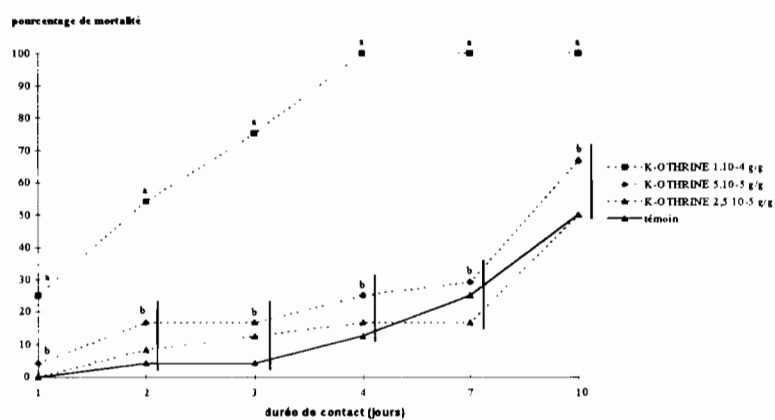


Figure 11 : action adulticide de la K-OTHRINE sur *C. acaciae* après 8 semaines de protection des graines.

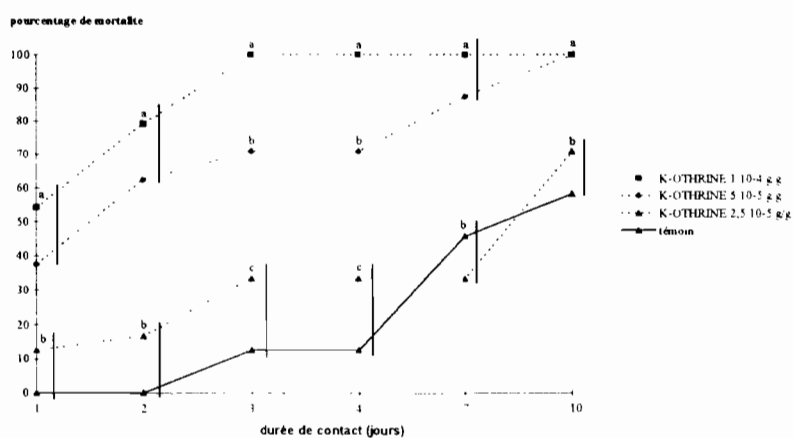


Figure 12 : action adulticide de la K-OTHRINE sur *C. serratus* après 8 semaines de protection des graines.

Au début de la protection des semences forestières (1^{er} semaine), la dose 1.10^{-4} g/g de K-OTHRINE élimine 100% des individus en 2 jours pour les trois espèces. A la dose 5.10^{-5} g/g, on obtient 100% de mortalité chez ces *Caryedon* en 3 jours et à la concentration $2,5.10^{-5}$ g/g en 4-7 jours (annexe VIII).

Après 8 semaines de protection des graines par l'insecticide de synthèse, on obtient 100% de mortalité à 1.10^{-4} g/g en 2 jours pour "*C. longispinosus*" (figure 10) et en 3-4 jours pour *C. acaciae* (figure 11) et *C. serratus* (figure 12). A la dose de 5.10^{-5} g/g, 100% de mortalité est obtenu en 7 jours de contact avec l'insecticide de synthèse pour "*C. longispinosus*" et en 10 jours avec *C. serratus*. Mais à cette concentration le pourcentage de mortalité de l'essai n'est pas significativement différent du témoin pour *C. acaciae*. A $2,5.10^{-5}$ g/g, seul "*C. longispinosus*" est sensible au produit.

A la dose de 1.10^{-4} g/g de graine la K-OTHRINE a toujours un effet adulticide immédiat sur les *Caryedon* après deux mois et demi en tuant tous les individus en 4 jours maximum. Les doses inférieures ont une efficacité adulticide différentes suivant les espèces de bruches étudiées.

B-ACTION SUR LA FECONDITE ET LA VIABILITE DES OEUFS

B-1 Le neem

Les feuilles fraîches et sèches ainsi que la poudre de neem n'ont pas d'action sur les oeufs des trois espèces de bruches. Le nombre d'oeufs éclos dans les essais n'est pas significativement différent de celui présent dans les témoins (annexe IX).

Action sur l'oviposition (annexe X)

Au début de la protection des graines, l'huile de neem a une bonne action sur l'oviposition c'est-à-dire sur le nombre d'oeufs déposés. A cette période l'huile de neem a une bonne action adulticide, les insectes sont donc tués pour la plupart avant d'avoir pondu. Par exemple à 0,005 ml/g le nombre d'oeufs déposés la première semaine est de 3^b (témoin 118^a) pour *C. acaciae*, 2^b (témoin 105^a) pour "*C. longispinosus*" et 8^b (témoin 98^a) pour *C. serratus*. Après 6 semaines de protection des graines par l'huile de neem, le nombre d'oeufs déposés n'augmente pas à forte dose pour *C. acaciae* et "*C. longispinosus*". Pour *C. serratus* on observe deux fois moins d'oeufs déposés à 0,02 ml/g que dans le témoin; les doses inférieures n'étant pas statistiquement différentes du témoin. A 15 semaines, à la dose de 0,02 ml d'huile de neem/g de graines, le nombre d'oeufs déposés dans les essais comparé au témoin est 4 fois

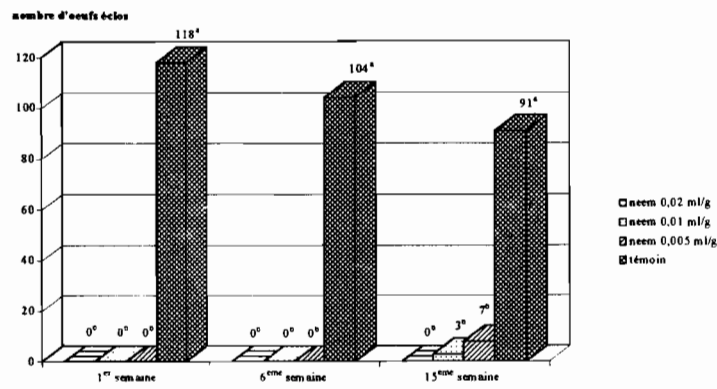


Figure 13 : action de l'huile de neem sur la survie des oeufs de *C. acaciae*

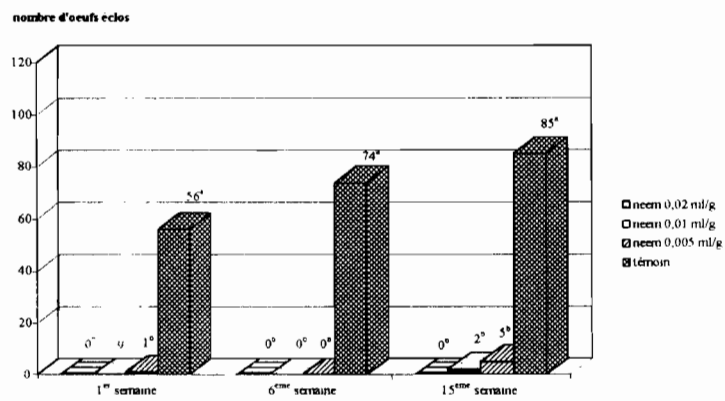


Figure 14 : action de l'huile de neem sur la survie des oeufs de *C. longispinosus*

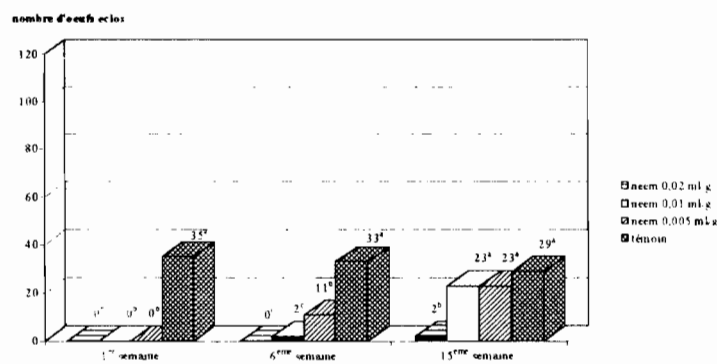


Figure 15 : action de l'huile de neem sur la survie des oeufs de *C. serratus*

moindre pour *C. acaciae* et 10 fois plus faible pour "*C. longispinosus*". Par contre la ponte de *C. serratus* est identique dans les essais et le témoin d'un point de vue statistique.

Action sur la survie des oeufs

Le nombre d'oeufs déposés est très faible en présence d'huile de neem; au début de la protection des graines; quasiment aucun oeuf n'éclos chez les trois espèces de bruches (figure 13). A 6 et 15 semaines pour *C. acaciae* (figure 13) et "*C. longispinosus*" (figure 14) on n'observe peu ou pas d'oeufs éclos en présence d'huile de neem. Pour *C. serratus* (figure 15) à 6 semaines le nombre d'oeufs éclos dans les essais varie en sens inverse de la dose d'huile de neem. Les graines de tamarin protégées depuis 15 semaines avec de l'huile de neem présentent un faible nombre d'oeufs éclos de *C. serratus* seulement à la concentration de 0,02 ml/g.

La concentration 0,02 ml d'huile de neem/g de graines à 15 semaines maintient l'oviposition de *C. acaciae* et "*C. longispinosus*" à un niveau faible mais elle est sans efficacité sur *C. serratus* à partir de 6 semaines. Par contre l'huile de neem maintient le nombre d'oeufs éclos à un niveau presque nul au bout de 15 semaines à la dose de 0,02 ml/g de graines pour les trois *Caryedon*. Aux doses inférieures on limite correctement le nombre d'oeufs éclos seulement pour *C. acaciae* et "*C. longispinosus*"

B-2 L'huile d'arachide

Action sur l'oviposition (annexe XI)

Le nombre d'oeufs déposés sur les graines protégées par l'huile d'arachide est faible au début de la protection des semences pour les trois espèces de bruches. Comme pour l'huile de neem à cette période, l'huile d'arachide a une bonne action adulticide étant donné que les insectes sont tués pour la plupart avant d'avoir pondu. Pour les graines de tamarin protégées depuis plus de 6 semaines par l'huile d'arachide, le niveau d'oviposition de *C. serratus* est statistiquement identique dans les essais et les témoins. A 6 et 15 semaines pour *C. acaciae* on observe à chaque concentration une augmentation du nombre d'oeufs déposés dans les essais mais statistiquement équivalente entre elles. A 15 semaines pour "*C. longispinosus*", le nombre d'oeufs déposés est faible à 0,02 ml/g (1°) tandis qu'il est moyen à 0,01 ml/g (27^b) et à 0,005 ml/g (35^b).

Action sur la survie des oeufs

Au début de la protection des graines par l'huile d'arachide presque aucun oeuf n'est viable dans les essais. Le nombre d'oeufs éclos est nul dans les essais à 0,02 ml/g et 0,01 ml/g.

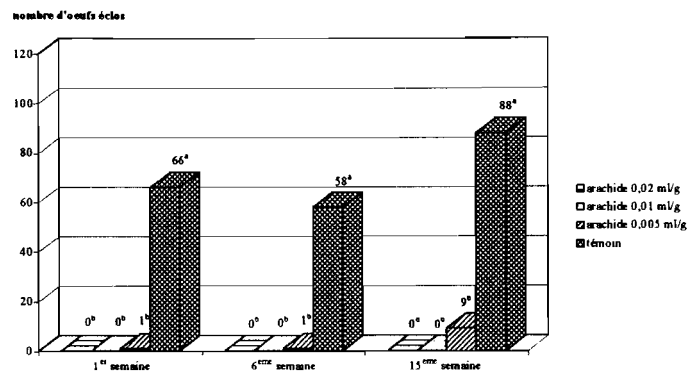


Figure 16 : action de l'huile d'arachide sur la survie des oeufs de *C. longispinosus*

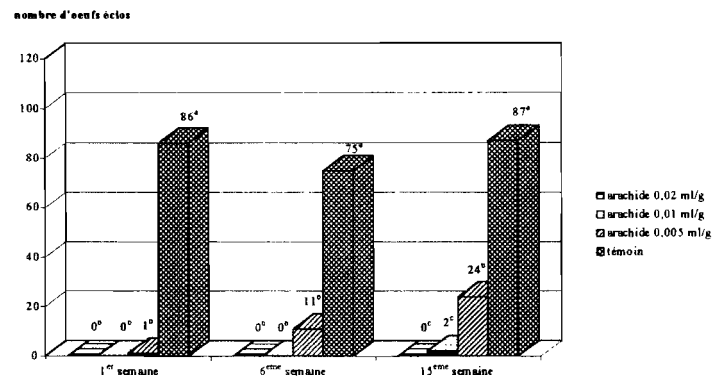


Figure 17 : : action de l'huile d'arachide sur la survie des oeufs de *C. acaciae*

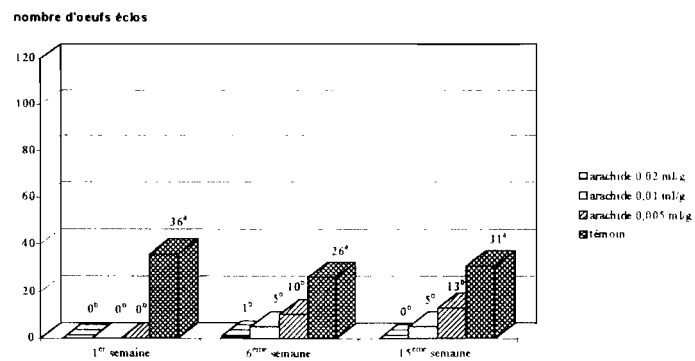


Figure 18 : action de l'huile d'arachide sur la survie des oeufs de *C. serratus*

Après 6 semaines avec "*C. longispinosus*", il n'y a pas d'oeuf éclos à 0,02 ml/g et 0,01 ml/g (figure 16). Pour *C. acaciae* (figure 17) et *C. serratus* (figure 18) on dénombre des oeufs éclos variant en sens inverse de la dose d'huile. A 15 semaines pour les trois espèces, la survie des oeufs est toujours bien limitée à la concentration d'huile de 0,02-0,01 ml/g.

Pour des semences protégées depuis 15 semaines avec de l'huile d'arachide la ponte est limitée à 0,02 ml/g pour "*C. longispinosus*"; elle est deux à trois fois plus faible dans les essais que dans le témoin pour *C. acaciae* tandis que l'huile est sans action sur l'oviposition de *C. serratus*. L'huile d'arachide limite bien l'éclosion des oeufs à 0,02 ml/g de graines et 0,01 ml/g de graines pour les bruches étudiées au bout de 15 semaines.

B-3 Le piment (annexe XII)

Le nombre d'oeufs éclos dans les essais et les témoins est statistiquement équivalent. Le piment n'a donc pas d'action insecticide sur la survie des oeufs des trois espèces de bruches.

B-4 *B. senegalensis* (annexe XII)

Pour les feuilles fraîches le nombre d'oeufs éclos dans les essais et le témoin ne sont pas significativement différents. Par contre les fruits frais à 10% limitent le nombre d'oeufs éclos.

B-5 Insecticide de synthèse

Action sur l'oviposition (annexe XIII)

L'oviposition à 8 semaines reste faible pour *C. acaciae* seulement à 1.10^{-4} g/g et pour *C. serratus* à 1.10^{-4} g/g et $2,5.10^{-5}$ g/g. Le nombre d'oeufs déposés est limité à toutes les doses pour "*C. longispinosus*".

Action sur la survie des oeufs

Après les dix premiers jours de protection des graines par la K-OTHRINE à 1.10^{-4} g/g, on n'observe peu ou pas d'oeufs éclos dans les essais étant donné la bonne efficacité adulticide de l'insecticide sur les adultes qui sont tués avant de pondre. A 8 semaines pour "*C. longispinosus*", les graines d'*A. raddiana* sont toujours à peu près indemnes d'oeufs éclos dans les essais (figure 19, page suivante). Avec *C. acaciae* (figure 20, page suivante) et *C. serratus* (figure 21, page suivante), la survie des oeufs augmente dans les essais mais elle reste faible à forte concentration. En effet pour *C. acaciae*, le nombre d'oeufs éclos comparé au témoin est très faible à 1.10^{-4} g/g, 4 fois moindre à 5.10^{-5} g/g et 2 fois plus faible à $2,5.10^{-5}$ g/g.

A 8 semaines, l'action de l'insecticide de synthèse sur l'oviposition et la viabilité des oeufs est très bonne à la concentration de 1.10^{-4} g/g de graine pour les trois *Caryedon*. Pour "*C. longispinosus*" on observe à toutes les doses une bonne persistance d'efficacité du produit sur l'oviposition et la survie des oeufs.

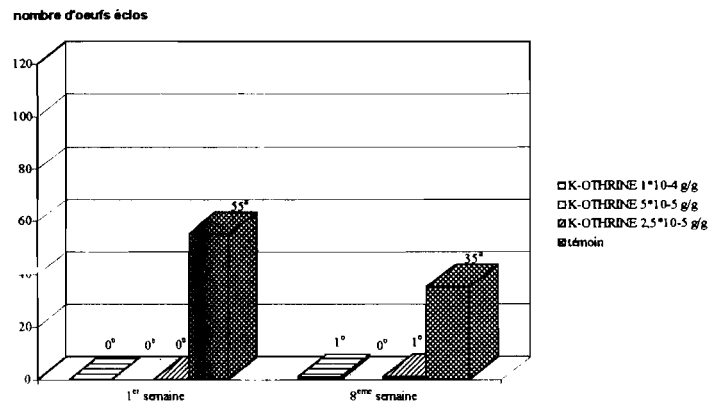


Figure 19 : action de la K-OTHRINE sur la survie des oeufs de *C. longispinosus*

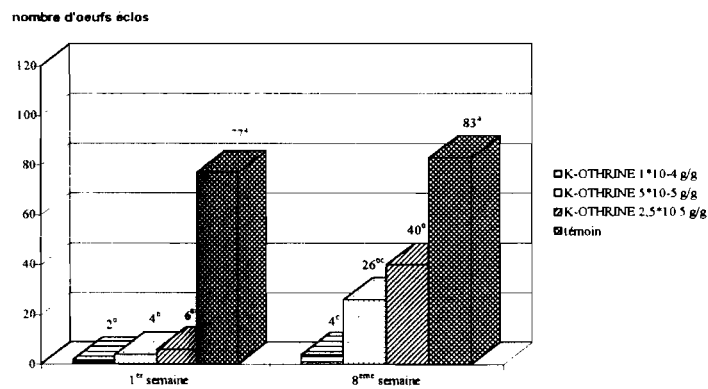


Figure 20 : action de la K-OTHRINE sur la survie des oeufs de *C. acaciae*

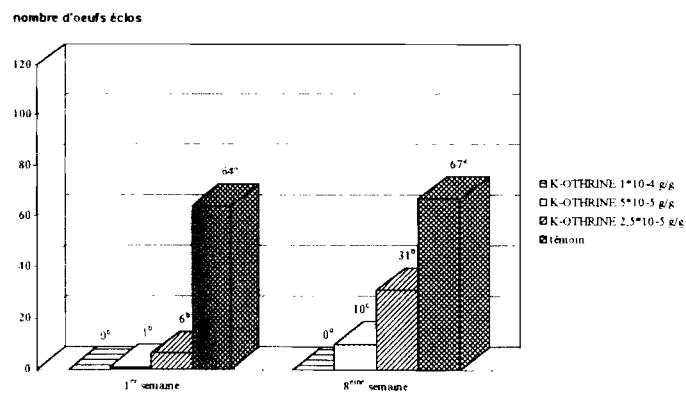


Figure 21 : action de la K-OTHRINE sur la survie des oeufs de *C. serratus*

C-ACTION LARVICIDE (ANNEXE XIV)

Les DL50 pour l'huile de neem sont respectivement 0,006 ml/g pour *C. acaciae*; 0,001 ml/g pour "*C. longispinosus*" et 0,006 ml/g pour *C. serratus*. La DL50 pour l'huile d'arachide est 0,007 ml/g pour *C. acaciae*; 0,003 ml/g pour "*C. longispinosus*" et 0,008 ml/g pour *C. serratus*. Pour la K-OTHRINE, la DL50 est de $2,16.10^{-4}$ g/g pour *C. acaciae*; $5,59.10^{-5}$ g/g pour "*C. longispinosus*" et $1,74.10^{-4}$ g/g pour *C. serratus*.

Pour chaque substance insecticide, "*C. longispinosus*" est toujours l'espèce la plus sensible. Avec l'huile de neem et d'arachide les DL50 des larves sont plus faibles que celles des adultes. Pour une dose donnée les larves sont donc plus sensibles à l'huile que les adultes. Par contre la DL50 de la K-OTHRINE est plus élevée pour les larves que pour les adultes. A concentration équivalente, les larves sont moins sensibles à la K-OTHRINE que les adultes.

D-ACTION REPULSIVE DES DIFFERENTES SUBSTANCES

Les résultats obtenus pour *C. acaciae* (annexe XV-A) et *C. serratus* (annexe XV-B) ne montrent pas de différence significative entre les essais et les témoins pour le nombre d'adultes présents à l'intérieur de l'abri droit ou l'abri gauche. Les bruches se répartissent aléatoirement dans le dispositif expérimental. Aucun effet répulsif n'a donc été mis en évidence.

E-CAPACITE GERMINATIVE APRES SCARIFICATION MECANIQUE DES GRAINES PROTEGEES PAR SUBSTANCES INSECTICIDES (ANNEXE XVI)

Pour *A. nilotica*, parasité par *C. acaciae*, le taux de germination des graines protégées par la K-OTHRINE (79^a) n'est pas différent de celui des graines saines non protégées (84^a). Par contre, le taux de germination est plus faible pour l'huile de neem (71^b) et l'huile d'arachide (73^b). Avec *A. raddiana*, parasité par "*C. longispinosus*", seul le taux de germination des graines protégées par l'huile d'arachide (81^b) est moins important que celui des graines sans protection (99^a). Pour *T. indica*, parasité par *C. serratus*, on observe le même phénomène que pour *A. raddiana*. Les graines recouvertes d'huile d'arachide (63^b) germent moins bien que les autres graines.

La K-OTHRINE ne diminue pas la viabilité des semences des trois espèces de Légumineuses. Pour l'huile de neem, seules les graines d'*A. nilotica* semblent avoir un niveau de germination moins important. Par contre avec l'huile d'arachide le niveau de germination des semences forestières est toujours plus faible que le lot de graines sans protection insecticide.

DISCUSSION

DISCUSSION

A-EFFICACITE INSECTICIDE DES SUBSTANCES ETUDIEES

Les résultats obtenus permettent de séparer les différents produits étudiés en deux groupes ceux présentant peu ou pas d'action insecticide et ceux ayant une réelle action insecticide

A-1 Les substances naturelles ayant peu ou pas d'action insecticide

Capsicum frutescens var "salmon"

Le piment est traditionnellement utilisé par les paysans contre les insectes des denrées stockées. Pourtant les résultats obtenus ne confirment pas l'action protectrice ou répulsive du piment contre les insectes. Son odeur et son goût piquant peuvent faire croire aux agriculteurs que ces caractéristiques repoussent ou tuent les insectes ce que notre étude ne démontre pas.

B. senegalensis

Les feuilles fraîches broyées de *B. senegalensis* dans le cadre de notre étude n'ont pas d'action insecticide ou d'effet répulsif sur les adultes et sur le nombre d'oeufs éclos alors que Seck *et al.* (1993) montrent qu'à la dose de 2% du poids de graines tous les adultes sont éliminés en 48 heures pour *C. maculatus*. Seuls les fruits frais broyés ont une action sur les adultes et le nombre d'oeufs éclos mais à la dose de 10%. D'un point de vue pratique la quantité de fruits frais broyés de *B. senegalensis* est bien trop importante pour être utilisée comme moyen de protection d'un stock de graines.

A-2 Les produits naturels ayant une action insecticide

Les résultats pour les feuilles fraîches, sèches et la poudre d'amande de neem ne montrent pas d'action insecticide sur les adultes, la survie des oeufs ou un effet répulsif sur les adultes. Seule l'huile de neem a une action insecticide que l'on a comparé à celle de l'huile d'arachide.

A2-1 Action adulticide et larvicide

L'action adulticide des deux huiles n'est pas de significativement différente à 0,02 ml/g après 10 jours de protection des graines. Par contre à faible dose, l'huile de neem a une meilleure action insecticide que l'huile d'arachide mais cette observation ne paraît pas généralisable aux trois espèces de *Caryedon*. La première semaine de protection à faible dose, l'huile de neem aurait une meilleure action adulticide que l'huile d'arachide grâce aux composés insecticides contenus dans le neem. Cependant notre étude montre que ces composés insecticides n'ont pas d'action adulticide durable sur les bruches étudiées comparée à l'action

adulticide de l'huile de neem sur *C. maculatus* durant 6 mois (Daniel & Smith, 1990). En effet dans ces conditions expérimentales après deux mois de protection des semences forestières les huiles n'ont plus d'action adulticide pour les trois *Caryedon* excepté l'huile d'arachide à 0,02 ml/g, qui garde son action adulticide contre "*C. longispinosus*" pendant plus de trois mois et demi.

Nos résultats montrent donc que l'effet adulticide de l'huile de neem serait plutôt du à la texture de l'huile qu'aux substances insecticides présentes dans le neem. En effet l'huile agit sur les adultes en créant un film gras asphyxiant sur la cuticule de l'insecte l'empêchant ainsi de respirer (Schoonhoven, 1978).

En complément des résultats obtenus pour la persistance d'action de l'effet adulticide, on a montré que les *Caryedon* sont plus sensibles à l'huile de neem qu'à l'huile d'arachide pour une concentration donnée. Cette différence de sensibilité pourrait être due aux composés adulticides du neem. La DL50 envers les larves de 4^{ème} stade montre que les larves sont plus sensibles à l'huile que les adultes. A forte concentration les larves sont incapables de se nymphoser (observation personnelle). On peut donc émettre l'hypothèse que les larves ne trouvent pas une surface suffisamment rugueuse pour leur nymphose : les graines recouvertes d'huile étant trop lisses. En condition de protection des stocks, si le nombre d'oeufs éclos est élevé, on peut espérer que les larves qui sortiront des graines, plus sensibles que les adultes à l'insecticide, ne pourront pas faire leur cocon. Ainsi on limite le nombre d'individus de la génération suivante qui se développeront dans le stock de graines.

A2-2 Action répulsive

Cette étude n'a pas mis en évidence d'action répulsive des deux huiles sur les adultes alors que Daniel & Smith (1990) observent cette action répulsive de l'huile de neem à 0,01-0,005 ml/g pour *C. maculatus*. En effet le nombre d'insectes dans chaque abri est très variable entre deux répétitions : les résultats ne sont jamais statistiquement significatifs. Pourtant dans le dispositif expérimental, le courant d'air créé par le système de ventilation est correct lorsqu'on le matérialise avec de la fumée de cigarette. Une solution pour diminuer la variance serait d'augmenter le nombre d'insectes testés en déposant à chaque répétition 15 à 20 insectes au lieu de 6.

A2-3 Action sur l'oviposition et la survie des oeufs

Notre étude sur l'oviposition des *Caryedon* en présence des deux huiles montre qu'on limite correctement le nombre d'oeufs déposés de *C. acaciae* et "*C. longispinosus*" mais pas celui de *C. serratus* au bout de trois mois et demi. Les graines de *T. indica* sur lesquelles sont

déposées les oeufs de *C. serratus* sont moins lisses que celles d'*A. raddiana* et *A. nilotica*. Le niveau important d'oviposition des *C. serratus* sur *T. indica* peut s'expliquer par la structure de la cuticule présentant des concavités où les femelles déposent leur oeufs préférentiellement (Ali Diallo & Huignard, 1993). L'huile ne recouvrirait donc pas la totalité de la graine de tamarin et l'insecte pourrait ainsi aisément déposer ses oeufs.

On limite correctement l'éclosion des oeufs pour *C. acaciae* et "*C. longispinosus*" avec les deux huiles à 0,02-0,01 ml/g et pour *C. serratus* avec l'huile de neem à 0,02 ml/g et l'huile d'arachide à 0,02-0,01 ml/g. Mais pratiquement pour protéger les semences avec l'huile de neem ou d'arachide, seule la dose de 0,02 ml/g de graines a une bonne efficacité pour limiter à la fois la ponte et la survie des oeufs de ces trois Bruchidae. Pour expliquer la mortalité des oeufs, on peut émettre comme hypothèse que les jeunes larves de 1^{er} stade sont soit incapables de percer la cuticule de la graine avec leur ovirupteur soit noyées par l'huile qui pénètre à travers la membrane du chorion lipophile. En effet la migration des lipides à travers le chorion est probablement attribuable à une attraction lipidique entre les lipides constitutifs du chorion et ceux de l'huile (Hall & Harman, 1991). Selon ces mêmes auteurs seuls les acides gras saturés pénétreraient dans le chorion.

Nos résultats ne montrent pas que l'huile de neem limite mieux l'oviposition et le nombre d'oeufs éclos que l'huile d'arachide. Comme pour les adultes, l'action insecticide de composés spécifiques au neem sur la ponte et la survie des oeufs n'a pas non plus été mise en évidence. Comme d'autres huiles végétales (palme, moutarde, colza, noix de coco) pour des graines cultivées (Sube *et al.*, 1990), l'huile de neem et d'arachide protègent correctement pendant au moins trois mois et demi les semences d'*A. nilotica*, *A. raddiana* et *T. indica*. La texture de l'huile constitue une barrière physique pour la jeune larve en empêchant celle-ci de pénétrer à l'intérieur de la graine. De Luca (1979) en conclut que la texture des huiles empêche l'oviposition, le développement embryonnaire et la pénétration de la larve de premier stade à l'intérieur de la graine.

A-3 L'insecticide de synthèse

A la concentration de 1.10^{-4} g/g, la K-OTHRINE a la même efficacité adulticide que les deux huiles à la dose de 0,02 ml/g durant les deux premiers mois. Par contre son efficacité adulticide à 1.10^{-4} g/g perdure durant deux mois comparé aux huiles qui deviennent inefficaces sur les adultes. Au contraire des huiles, la DL50 de la K-OTHRINE pour les larves est plus élevée que pour les adultes. Les larves se nymphoseraient plus facilement avec des substances insecticides sous forme de poudre que d'huile.

Pour *C. acaciae*, le moins sensible des trois *Caryedon*, la ponte et la survie des oeufs sont seulement maîtrisées à forte dose comme pour l'huile de neem et d'arachide. Par contre "*C. longispinosus*", très sensible à la K-OTHRINE, n'a pas le temps de déposer beaucoup d'oeufs sur les graines.

Les DL50 adultes et larvaires ne montrent pas que *C. serratus* soit plus résistant à l'insecticide de synthèse que *C. acaciae*. Les *C. serratus* de notre étude sont donc aussi sensibles que les autres Bruchidae à cette pyréthrianoïde de synthèse. En effet à l'endroit du prélèvement de la souche, aucun traitement insecticide n'est effectué dans les stocks d'arachide.

Notre étude montre que les graines de Légumineuses ligneuses peuvent être protégées avec une concentration de K-OTHRINE cinq fois plus faible que la concentration recommandée par le fabricant. La connaissance des espèces de Bruchidae ravageurs ainsi que la dose efficace du produit insecticide limitent les applications inadaptées, les surdosages et les risques de résistance aux matières actives.

B-COMMENTAIRES ET PERSPECTIVES D'ETUDE

C. acaciae et "*C. longispinosus*" sont des ravageurs spécifiques des semences forestières qui ne parasitent aucune Légumineuse cultivée. Or les doses utilisées pour lutter contre *C. acaciae* ne sont pas plus faibles que celles employées pour protéger *T. indica* de *C. serratus*. D'autre part on remarque que des trois Bruchidae, "*C. longispinosus*" est l'espèce la plus petite mais aussi la plus sensible à chaque composé insecticide. Ces deux constats suggèrent l'hypothèse que la taille de l'insecte est un des facteurs responsables de la sensibilité de celui-ci aux substances insecticides : *C. acaciae* ou *C. serratus*, comparés à "*C. longispinosus*", constituent un volume plus important pour diluer les molécules insecticides et ainsi supporter des concentrations élevées de produit.

Les résultats sur la persistance d'action ont été obtenus pour une contamination par les bruches la 1^{er} semaine, 6^{ème} semaine et 15^{ème} semaine. Des contaminations plus rapprochées pour le même intervalle de temps devront être effectuées pour voir si les deux huiles ont toujours le même effet protecteur. Il faudra aussi réaliser une nouvelle étude en conditions réelles de stockage avec 4-5 kg de graines pour observer si les semences d'*A. nilotica*, *A. raddiana* et *T. indica* sont correctement protégées par 0,02 ml/g et 0,01 ml/g d'huile de neem et d'arachide.

Enfin la capacité germinative des trois espèces de Légumineuses protégées par substances naturelles depuis trois mois et demi reste à un niveau élevé avec l'huile de neem mais elle semble plus faible avec l'huile d'arachide. Hall & Harman (1991) ont montré que les acides gras insaturés pénètrent à l'intérieur de la graine et s'accumulent sur les cotylédons. L'huile d'arachide possède 80% d'acide gras insaturés (acide oléique et linoléique) et 20% d'acide gras saturés (acide palmitique et stéarique) (Adrian & Jacquot, 1968). Dans le cadre de notre étude, ils pourraient donc être responsables de la diminution de capacité germinative des semences protégées avec l'huile d'arachide. Cependant les résultats de Hall & Harman (1991) ont été obtenus pour des oeufs de *Zabrotes subfasciatus* (Bruchidae) sur des graines de *Phaseolus vulgaris*. Les téguments de la graine de haricot sont très différents de ceux des Légumineuses ligneuses sahéliennes très résistants et imperméables à l'eau et l'oxygène. Ces résultats sur la pénétration des acides gras insaturés à l'intérieur de la graine ne sont peut être pas extrapolables aux semences forestières étudiées.

Après trois mois et demi, la germination des graines ne semble pas altérée, ce qui confirme la possibilité de protéger les graines forestières avec au moins de l'huile de neem voire de l'huile d'arachide. De même, Pacheco *et al.* (1995) pour l'huile de ricin (86%) et de soja (78%) ont démontré que le taux de germination des graines protégées par ces huiles n'est pas affecté. De toute façon, des test de germination à 6 et 12 mois devront être effectués pour suivre la capacité germinative des graines protégées par des substances naturelles.

C CONCLUSION

Les résultats obtenus au laboratoire montrent que l'huile de neem comme l'huile d'arachide ont une action adulticide durant les premières semaines et une persistance d'action sur la ponte et la survie des oeufs durant 3 mois et demi. La persistance d'action insecticide de ces deux huiles devra être confirmée au laboratoire pour une période d'un an. Ensuite, l'huile de neem et d'arachide en conditions réelles de stockage devront être étudiées en milieu rural au sein des stations ISRA. Cette future étude montrera si ces deux huiles sont capables de protéger les semences forestières durant un an, laps de temps minimal de conservation des graines entre deux campagnes de mise en germination des essences forestières en pépinière. Si on obtient des résultats positifs avec ces différentes études alors l'huile de neem, facilement produite en milieu rural, deviendrait une alternative peu coûteuse et sans danger pour protéger les stocks de semences forestières au niveau de la zone sahélienne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDULLAH M.A.R., ABULFATIH H.A. (1995). Predation of *Acacia* seeds by bruchid beetles and its relation to altitudinal gradient in south-western Saudi Arabia. *J. Arid. Env* , **29**, 99-105.
- ADRIAN J., JACQUOT R. (1968). Valeur alimentaire de l'arachide et de ses dérivés (Ed. Maisonneuve-Larose), Paris, 36-37.
- ALI-DIALLO B., HUIGNARD J. (1993). Oviposition of four strains of *Caryedon serratus* (Olivier) Coleoptera Bruchidae in the presence of pods or seeds of their wild and cultivated host plants. *J. Afr. Zool*, **107**, 1-8.
- APPERT J. (1956). La bruche des arachides. *Bull. Agron S.T.A.T.*, **13**, 181-190.
- ASCHER K.R.S. (1993). Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Archives of Ins. Biochem and Physiol*, **22**, 433-449.
- AUGERJ., FERARY S., HUIGNARD J. (1994). A possible new class of natural sulfur pesticides for fumigation. *Ecologie*, **25** (2), 93-101.
- BERHAUT J. (1975). Flore illustrée du Sénégal (Ed. Maisonneuve-Larose), Paris, 430-435 442-445 474-481.
- BOUCHER L., PIERRE D. (1988). Etude du rythme d'accouplement chez *Caryedon serratus* (Coleoptera : Bruchidae) en conditions d'élevage et en conditions naturelles. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **24** (2), 151-159.
- CANCELA DA FRONSECA J.P. (1965). Oviposition and length of adult life in *Caryedon ganagra* (F.) (Col., Bruchidae). *Bull. Ent. Res* , **55**(4), 697-707.
- CAVANAGH T. (1987). Germination of hard-seeded species (order Fabales). In Germination of Australian native plant seed (Ed. P.Langkamp), Inkata Press Melbourne, Sydney, 58-70.
- CENTER T.D., JOHNSON C.D. (1974). Coevolution of some seed beetles (Coleoptera : Bruchidae) and their hosts. *Ecology*, **55**, 1096-1103.
- COE M., COE C. (1987). Large herbivores, acacia trees and bruchid beetles. *S. Afr. J. Sci*, **83**, 624-635.
- COME D. (1967). L'inhibition de germination des graines de pommier (*Pirus malus* L.) non dormantes. Rôle possible des phénols tegumentaires. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, **8**, 371-478.
- CREDLAND P.F. (1990). Biotype variation and host change in bruchids : causes and effects in the evolution of bruchid pests. In Bruchids and legumes : economics, ecology and coevolution (Ed. K.Fujii *et al.*). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 271-287.

DABIRE L.C. (1982). Rapport de campagne 1982. Projet CRDI/Gouvernement Voltaïque, 31pp.

DAGLISH G.J., SAMSON P.R. (1990). Insect growth regulators as protectants against some pests of cereals and legumes. In Proceedings 5th international working conference on stored-product protection (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. 1, 509-515.

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 5th international working conference on stored-product protection, (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. 3, 1589-1597.

DANTHU P., ROUSSEL J., DIA M., SARR A. (1992). Effect of different pretreatments on the germination of *Acacia senegal* seeds. *Seed Sci. Technol.*, 20, 111-117.

DANTHU P., ROUSSEL J., GAYE A., EL MAZZOUDI E.H. (1995). Baobab (*Adansonia digitata* L.) seed pretreatments for germination improvement. *Seed Sci. & Technol.*, 23, 469-475.

DECELLE J. (1966). *Bruchus serratus* Ol. 1790, espèce type du genre *Caryedon* Schönherr. 1823. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 74(1,2), 169-173.

DECELLE J. (1979). Insects of Saudi Arabia. Coleoptera : Fam. Bruchidae. *Fauna of Saudi Arabia*, 1, 318-330.

DECELLE J. (1981). Bruchidae related to grain legumes in Afrotropical area. In The ecology of Bruchidae attacking legumes (pulses) (Ed. V.Labeyrie). Junk publishers, The Hague, 193-197.

DELOBEL A., MALONGA P. (1987). Insecticidal properties of six plant materials against *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptera : Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.*, 23 (3), 173-176.

DELOBEL A. (1989). Influence des gousses d'arachide (*Arachis hypogaea*) et de l'alimentation imaginale sur l'ovogenèse, l'accouplement et la ponte chez la bruche *Caryedon serratus*. *Entomol. Exp. Appl.*, 52, 281-289.

DELOBEL A., DELOBEL H., TRAN M., SEMBENE M., HAN S.H. (1995). Observations sur les relations trophiques entre les bruches du genre *Caryedon* (Coléoptères, Bruchidae) et leurs plantes hôtes au Sénégal (Coléoptères Bruchidae). *Bull. Inst. Fond. Afr. Noire Cheikh A. Diop Dakar. sér.A*, 48, 79-88.

DE LUCA Y. (1979). Ingrédients naturels de préservation des grains stockés dans les pays en voie de développement. *Journ. d'Agric. Ind. et de Bota. Appl.*, 26 (1), 29-52.

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

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

ERNST W.H. (1992). Nutritional aspects in the development of *Bruchidius sahlbergi* (Coleoptera : Bruchidae) in seeds of *Acacia erioloba*. *J. Insect Physiol.*, **38** (11), 831-838.

FINNEY D.J. (1971). Probit analysis, 3rd Ed. Cambridge University Press, London.

GAGNEPAIN C., GILLON Y., LEROUX J.M. (1986). *Caryedon serratus* (Coleoptera : Bruchidae), principal insecte consommateur des gousses de *Piliostigma thonningii* (Caesalpinaceae) en savane de Lamto (Côte d'Ivoire). *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **22** (4), 457-467.

GREEN A.A. (1959). The control of insects infesting groundnuts after harvest in the Gambia. I : A study the groundnut borer *Caryedon gonagra* (F.) under fields conditions. *Tropical Science*, **1**(3), 200-205.

GRIMM C., FUHRER E. (1993). Biotic influences on the germination of *Pithecellobium pallens* and *P.ebano* in Northeast Mexico. *The Int. Tree Crops Jour.*, **7**, 209-222.

HALEVY G. (1974). Effects of gazelles and seed beetles (Bruchidae) on germination and establishment of *Acacia* specie. *Isr. J. Bot.*, **7**, 176-178.

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.

HAUSER T.P. (1994). Germination, predation and dispersal of *Acacia albida* seeds. *Oikos*, **71**, 421-426.

HIDEUX P. (1984). Possibilités de reproduction et de développement de *Caryedon pallidus* (Coleoptera : Bruchidae) sur *Cassia tora* (Caesalpinaceae). *Acta Oecologica Oecol. Gener.*, **5** (4), 327-332.

HOWE R.W. (1952). Entomological problems of food storage in Northern Nigeria. *Bull. Ent. Res*, **43**, 111-114.

JACOBSON M. (1989). Botanical pesticides past, present, and future. *In* Insecticides of plant origin (Ed. J.T.Arnasson, B.J.R.Philologène, P.Morand) American Chemical Society, Washington, 1-10.

JOHNSON C.D. (1981a) Relations of *Acanthoscelides* with their plant host. *In* The ecology of Bruchidae attacking legumes (pulses) (Ed. V.Labeyrie) Junk publishers, The Hague, 73-81

JOHNSON C.D. (1981b) Seed beetle host specificity and the systematics of the Leguminosae. *In* Advances in Legume Systematics (Eds R.D Polhill & P.H Raven). Royal Bot Gard. Kew, 995-1027.

JOHNSON C.D. (1981c) Interactions between bruchid (Coleoptera) feeding guilds and behavioral patterns of pods of the Leguminosae. *Environ. Entomol.*, **10**, 249-253

KARSCHON R. (1975). Seed germination of *Acacia raddiana* Savi and *Acacia tortilis* Hayneas related to infestations by bruchids. *Leaflet. Israel Agric. Res. Org. Div. For.*, **52**, 9 pp.

KERHAHO J., ADAM J.G. (1974). La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques (Ed. Vigot Frères), Paris, 556-569.

LABEYRIE V. (1981). Ecological problems arising from weevil infestation of food legumes. In The ecology of Bruchidae attacking legumes (pulses) (Ed. V.Labeyrie). Junk publishers, The Hague, 1-15.

LAMPREY H.F., HALEVY G., MACHAKA S. (1974). Interactions between *Acacia*, bruchid seed beetles and large herbivores. *E. Afr. Wildl. J.*, **12**, 81-85.

LEROI B., PICHARD B., BONET A., MONTES J. (1990). Les stocks familiaux de haricots au Mexique et la lutte contre les bruches. In Proceedings 5th international working conference on stored-product protection (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. **3**, 1639-1647.

MILLER M.F. (1994a). Large african herbivores, bruchid beetles and their interactions with acacia seeds. *Oecologia*, **97** (2), 265-270.

MILLER M.F. (1994b). The fate of mature african acacia pods and seeds during their passage from the tree to the soil. *J. Trop. Ecol.*, **10** (2), 183-196.

MITTAL V.P. (1990). Utilization of biology and copulation behaviour in minimisation of the population build up of *Caryedon serratus* Olivier. In Proceedings 5th international working conference on stored-product protection (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. **1**, 143-150.

MORDUE A.J., BLACKWELL A. (1993). Azadirachtin : an update. *J. Insect. Physiol.*, **39** (11), 903-924.

MUCUNGUZI P. (1995). Bruchids and survival of *Acacia* seeds. *Afr. J. Ecol.*, **33**, 175-183.

NDIAYE S., JARRY M. (1990). Importance de certaines légumineuses arborées et arbustives au Sénégal dans le cycle de *Caryedon serratus* Ol. (Coléoptère, Bruchidae), et l'influence sur la contamination en plein champ de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) In Proceedings 5th international working conference on stored-product protection (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. **3**, 1663-1670.

NMBATA G., OJI O., NWANA I. (1995). Insecticidal action of preparations from the brown pepper, *Piper guineense*, schum seeds to *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) *Discovery and Innovation*, **7**(2), 139-142.

NONGONIERMA A. (1978). Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller (Mimosaceae) en Afrique occidentale. Thèse de Doctorat, Uni. de Dakar, Tome I, texte, 451 pp. Tome 2, tableaux, 314 pp. Tome 3, planches figures et cartes, 406 pp.

OUEDRAOGO A., HUIGNARD J. (1981). Polymorphism and ecological reactions in *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae) in Upper Volta. In The ecology of Bruchidae attacking legumes (pulses) (Ed. V.Labeyrie). Junk publishers, The Hague, 175-174.

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 the woodlands, Tanzania). *Afr. J. Ecol.*, **22** (1), 73-75.

PREVETT P.F. (1965). The genus *Caryedon* in Northern Nigeria, with descriptions of six new species (Col. Bruchidae). *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **1**(3), 523-547.

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.

ROUSSEL J. (1984). Germination des semences forestières. Fiche technique CNRF, 5 pp.

SAUPHANOR B., LENFANT C., SUREAU F. (1995). Effets d'un extrait de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sur le développement de *Forficula auricularia* L. (Dermaptera). *J. Appl. Ent.*, **119**, 215-219.

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, 110-135

SCHOOHOVEN A.V., (1978). Use of vegetable oils to protect stored bean from bruchid attack. *J. Econ. Entom.*, **71**(2), 254-256.

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

SECK D., LOGNAY G., HAUBRUGE E., WATHELET J.P., MARLIER M., GASPARD C., SEVERIN M. (1993). Biological activity of the shrub *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. (Capparaceae) on stored grain insects. *J. Chem. Ecol.*, **19** (2), 377-389.

SHAAYA E., PISAREV V (1990). Toxicity of plant oils and their major constituents against stored product insects. In Proceedings 5th international working conference on stored-product protection (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. **1**, 629-638.

SOUTHGATE B J (1978) Variation in the susceptibility of african *Acacia* (Leguminosae) to seed beetle (Bruchidae) attack *Kew Bull.*, **32** (3), 541-544

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

SOUTHGATE B.J. (1983) Manuel de lutte contre les insectes parasites de semences d'Acacias. FAO, Rome, 34 pp.

SUBE S., SHIV K., SINGAL A.N., VERMA A.N. (1990). Evaluation of some edible oils as protectants of chickpea seeds, *C.arienatum* (L.) by preferential feeding method. *In* Proceedings 5th international working conference on stored-product protection (Ed. F.Fleurat-Lessard et P.Ducom), september 9-14, Bordeaux. **3**, 1715-1724.

TAYLOR T.A. (1981). Distribution, ecology and importance of bruchids attacking grain legumes and pulses in Africa. *In* The ecology of Bruchidae attacking legumes (pulses) (Ed. V.Labeyrie). Junk publishers, The Hague, 199-203.

TRAN V.N., CAVANAGH A.K. (1984). Structural aspect of dormancy. *In* Seed physiology (Ed. Murray), Academic Press, Sydney, **2**, 1-44.

TYBIRK K. (1991). Régénération des Légumineuses ligneuses du Sahel (Ed. H. Balslev), Aarhus University Press, Aarhus, 86 pp.

UDAYAGIRI S., WADHI S.R. (1989). Catalogue of bruchidae. *Mem. Amer. Entomol. Ints.*, **45**, 1-324.

VAN HUIS (1991). Biological methods of bruchid control in the tropics : a review. *Insect Sci. Applic.*, **12** (1,2,3), 87-102.

VARAIGNE-LABEYRIE C., LABEYRIE V. (1981). First data on Bruchidae which attack the pods of legumes in Upper Volta of which eight species are man consumed. *In* The ecology of Bruchidae attacking legumes (pulses) (Ed. V.Labeyrie). Junk publishers, The Hague, 83-96.

VON MAYDELL H-J. (1983). Arbres et arbustes du Sahel (Ed. V.J.Margraf), GTZ, Eschborn. 531 pp.

VIR S., JINDAL S.K. (1994). Fruit infestation of *Acacia tortilis* (Forsk) Hyne by *Bruchidius andrewesi* Pic. (Coleoptera : Bruchidae) in the Thar desert. *Forest Ecology and Management*, **70**, 349-352.

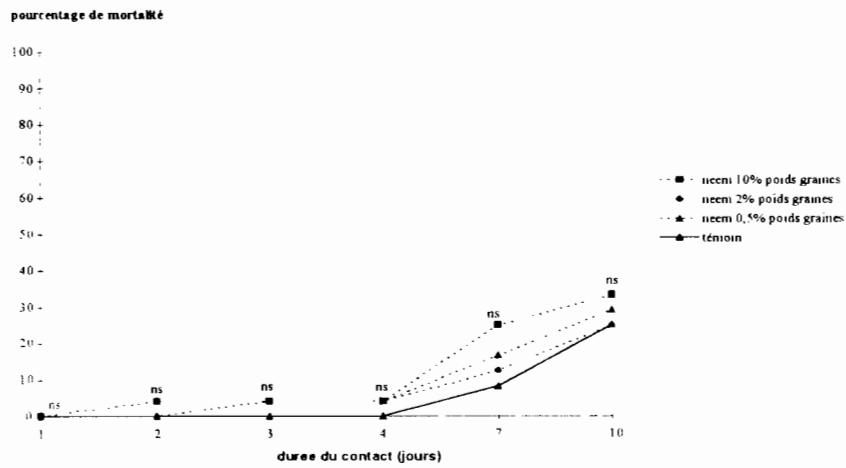
WICKENS G.E. (1969). A study of *Acacia albida* Del. (Mimosoideae). *Kew Bull.*, **23**, 181-202

YAKKUNDI S.R., THEJAVATHI 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

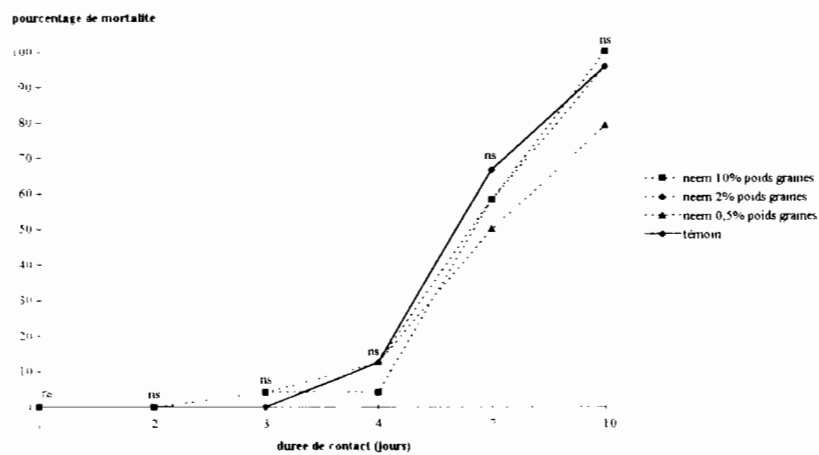
ANNEXES

ANNEXE I-A

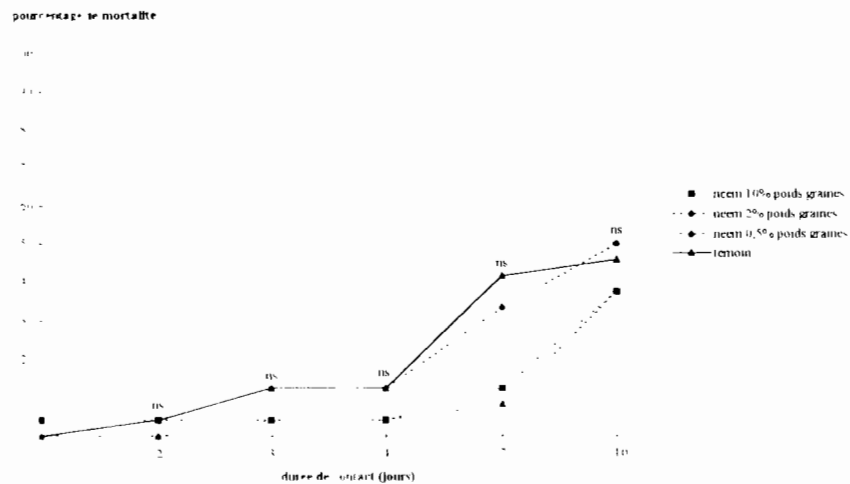
C. ACACIAE FEUILLE FRAICHE



C. LONGISPINOSUS FEUILLE FRAICHE

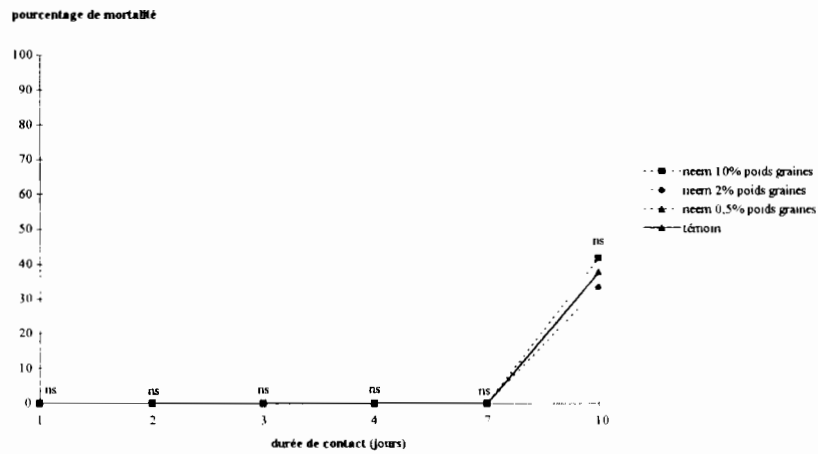


C. SERRATUS FEUILLE FRAICHE

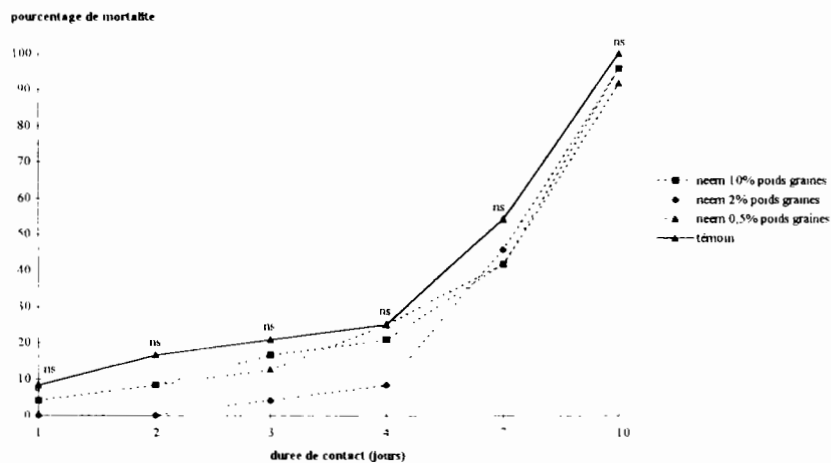


ANNEXE I-B

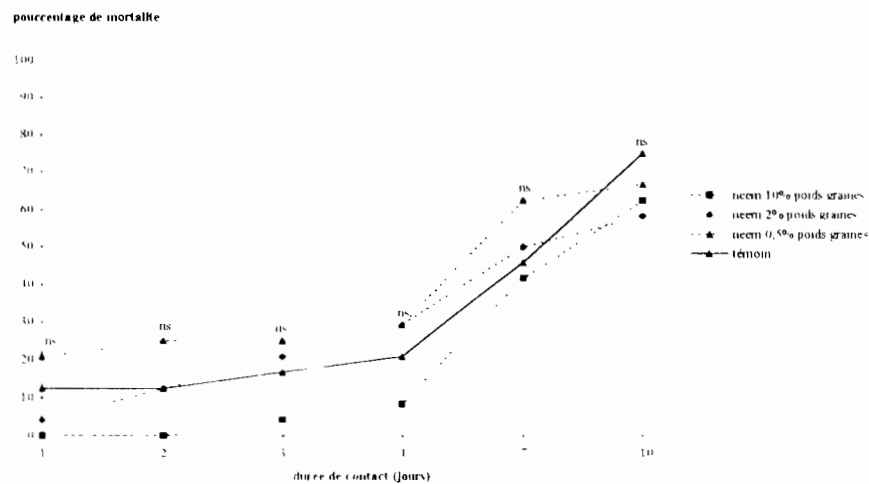
C. ACACIAE FEUILLE SECHE



C. LONGISPINOSUS FEUILLE SECHE

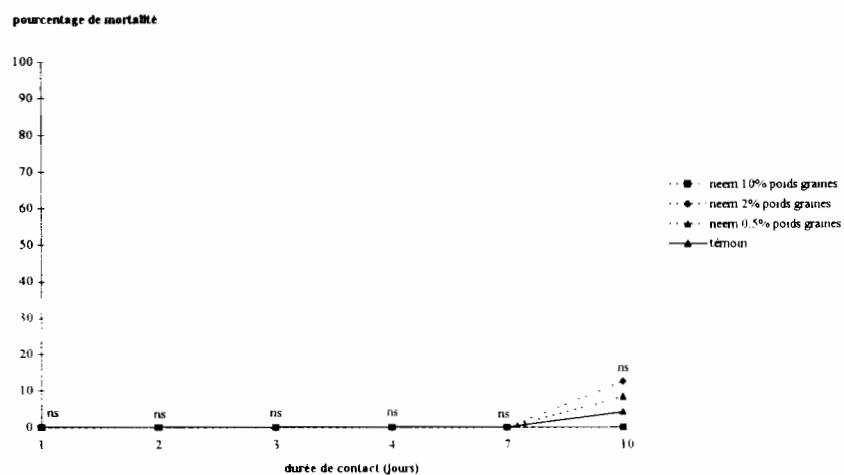


C. SERRATUS FEUILLE SECHE

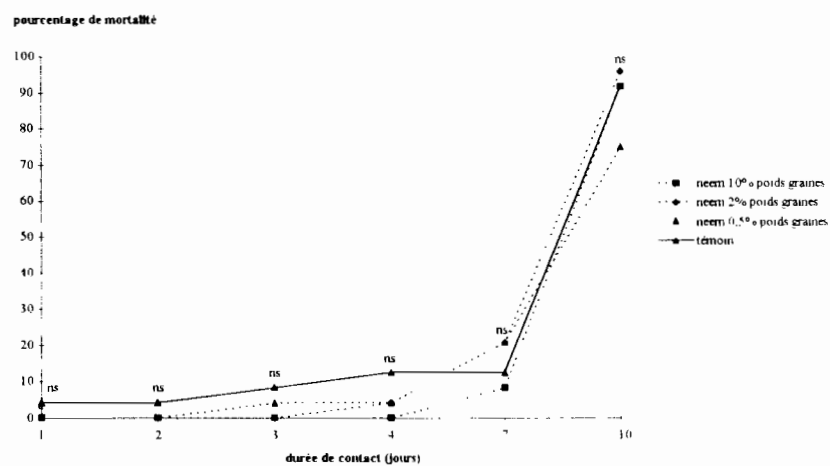


ANNEXE I-C

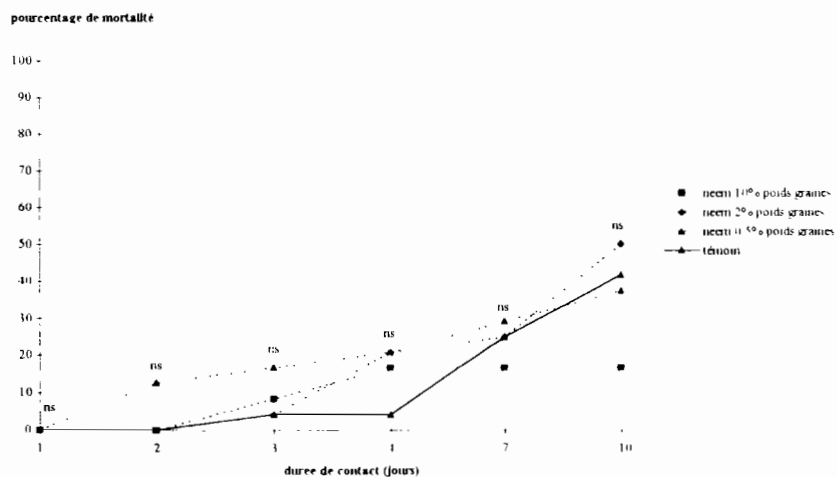
C. ACACIAE POUDRE DE NEEM



C. LONGISPINOSUS POUDRE DE NEEM

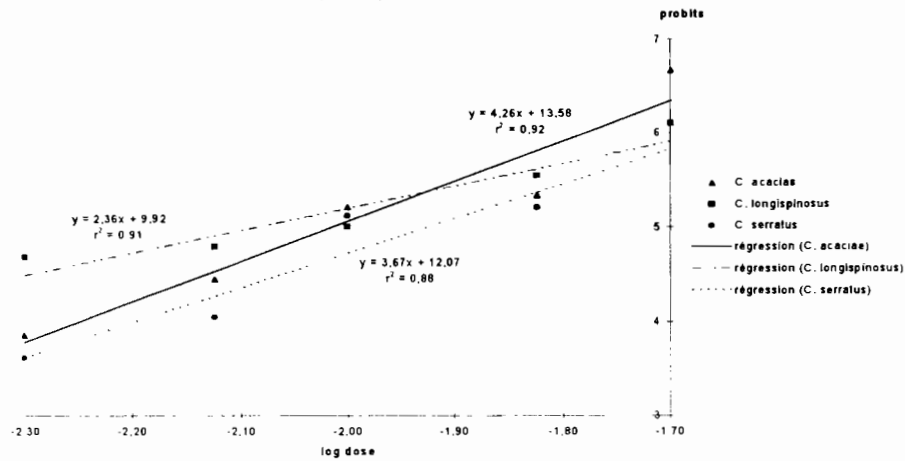


C. SERRATUS POUDRE DE NEEM

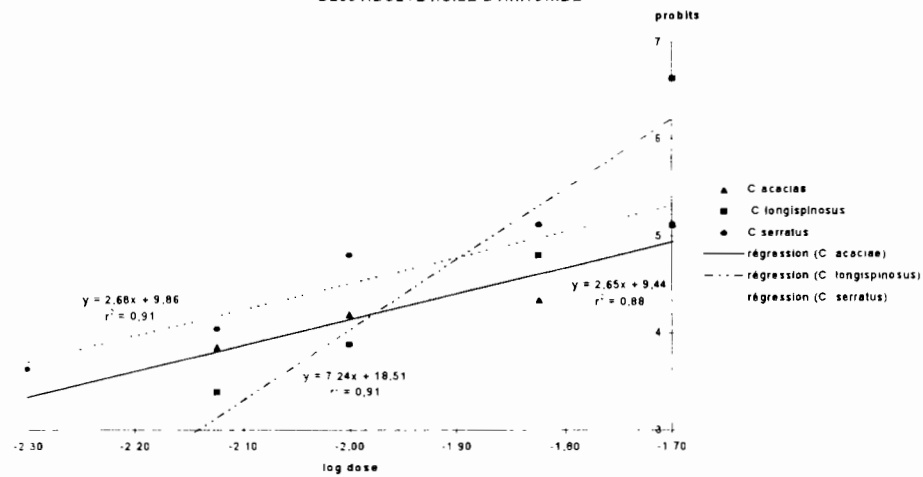


ANNEXE II

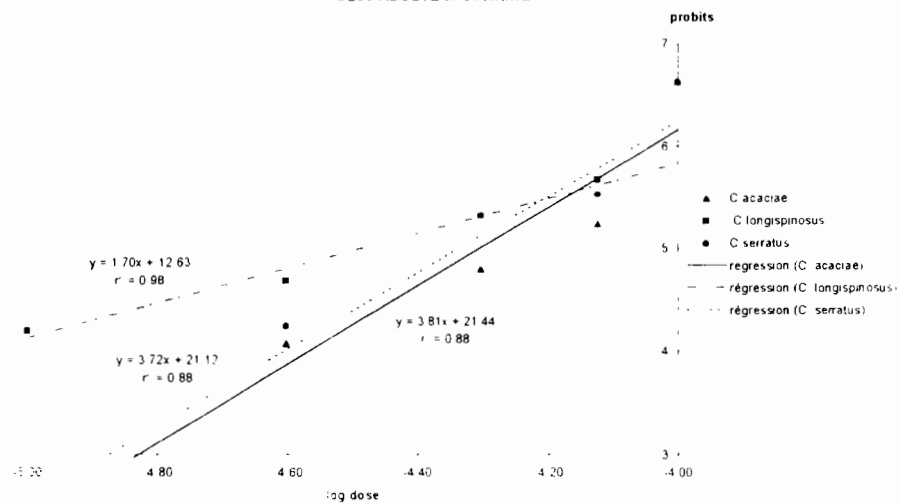
DL 50 ADULTE HUILE DE NEEM



DL50 ADULTE HUILE D'ARACHIDE

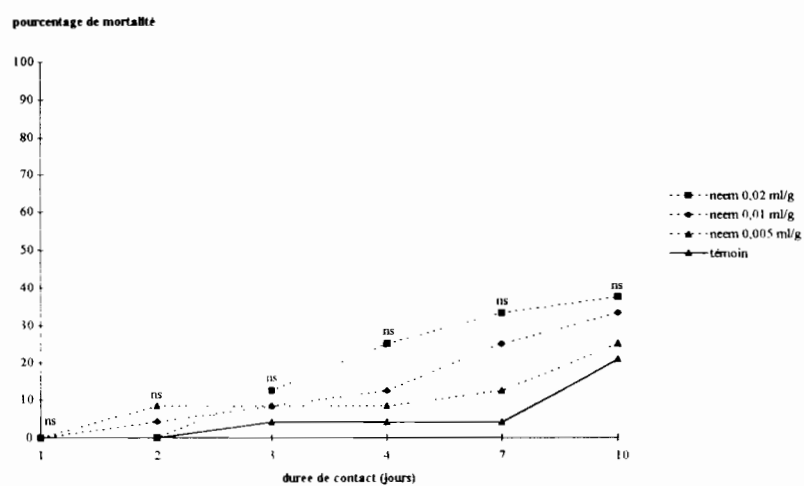


DL50 ADULTE K-OTHRINE

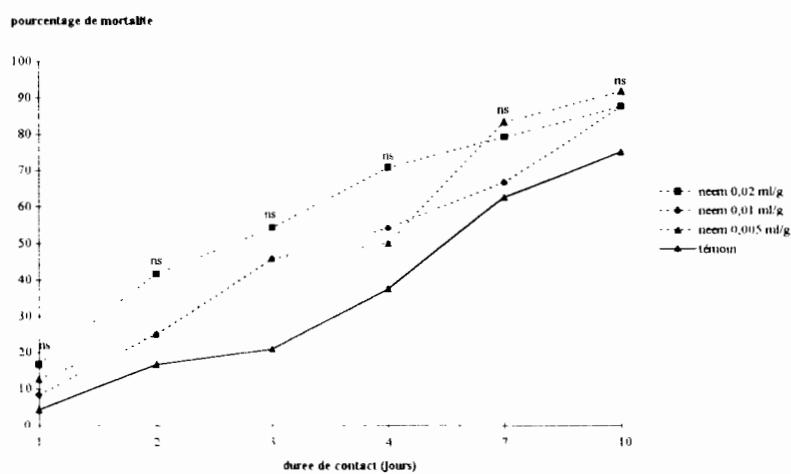


ANNEXE III-A

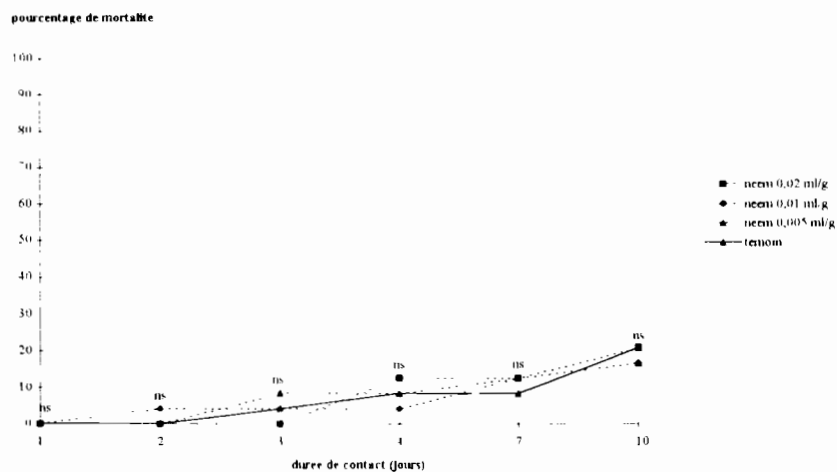
C. ACACIAE HUILE DE NEEM 6^{ème} SEMAINE



C. LONGISPINOSUS HUILE DE NEEM 6^{ème} SEMAINE

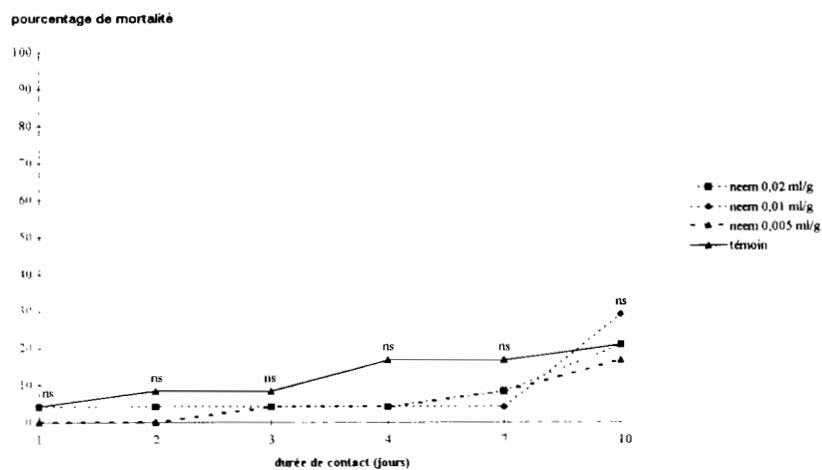


C. SERRATUS HUILE DE NEEM 6^{ème} SEMAINE

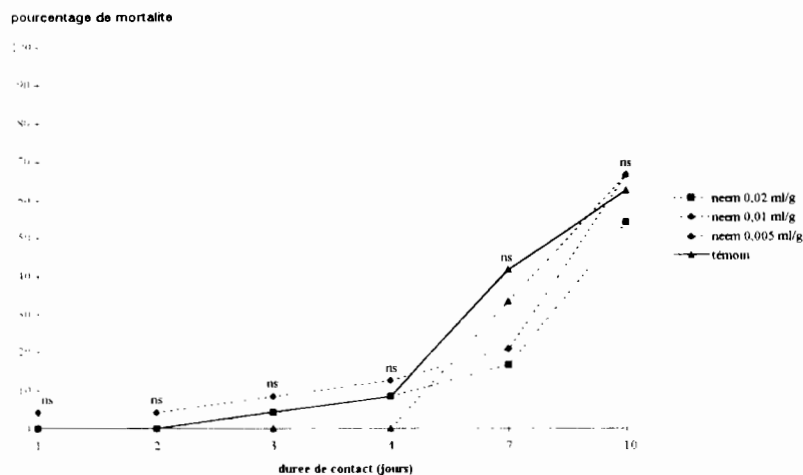


ANNEXE III-B

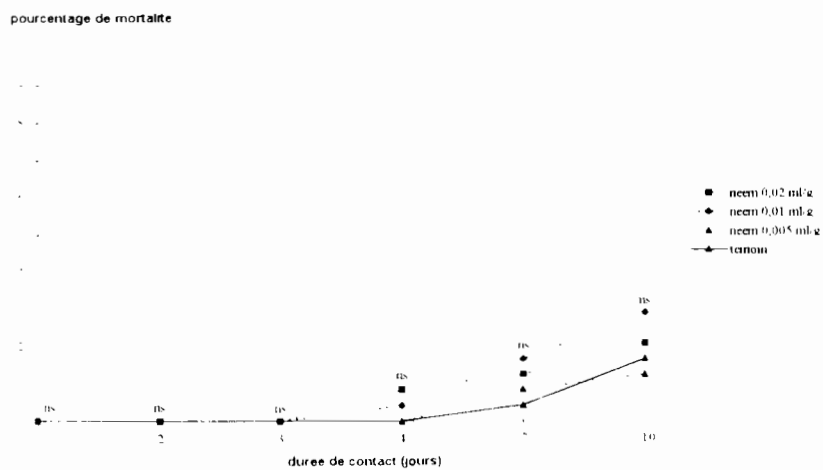
C. ACACIAE HUILE DE NEEM 15^{ème} SEMAINE



C. LONGISPINOSUS HUILE DE NEEM 15^{ème} SEMAINE

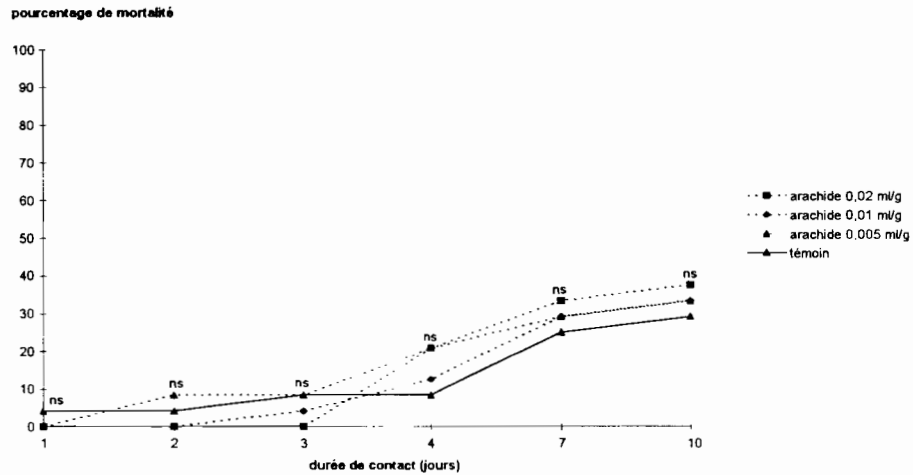


C. SERRATUS HUILE DE NEEM 15^{ème} SEMAINE

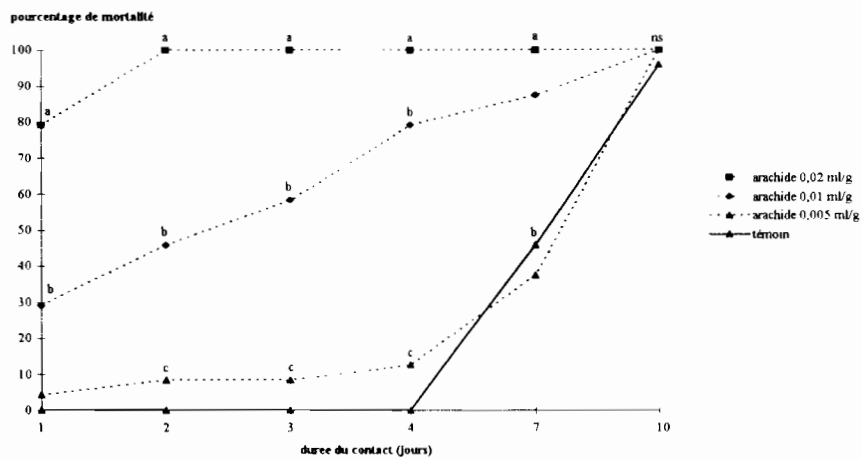


ANNEXE IV-A

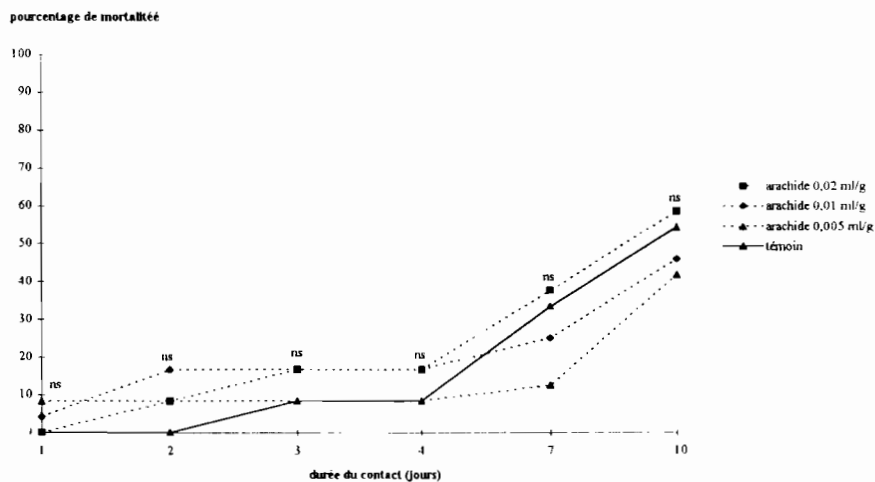
C. ACACIAE HUILE D'ARACHIDE 6^{ème} SEMAINE



C. LONGISPINOSUS HUILE D'ARACHIDE 6^{ème} SEMAINE

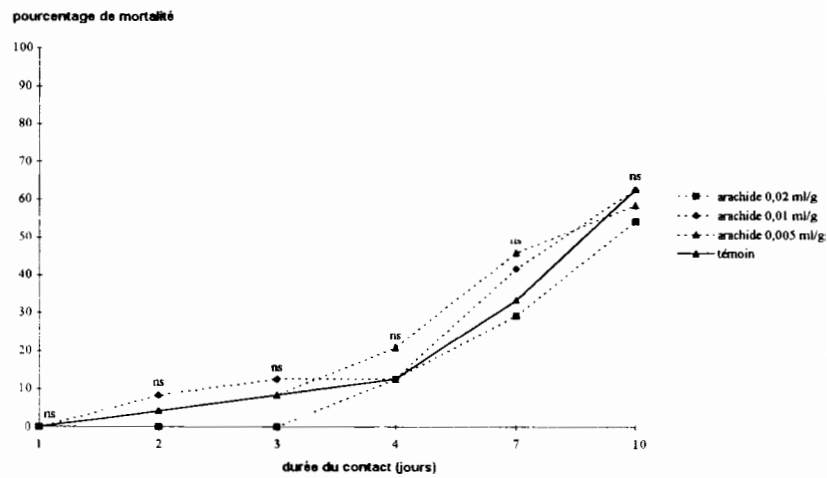


C. SERRATUS HUILE D'ARACHIDE 6^{ème} SEMAINE

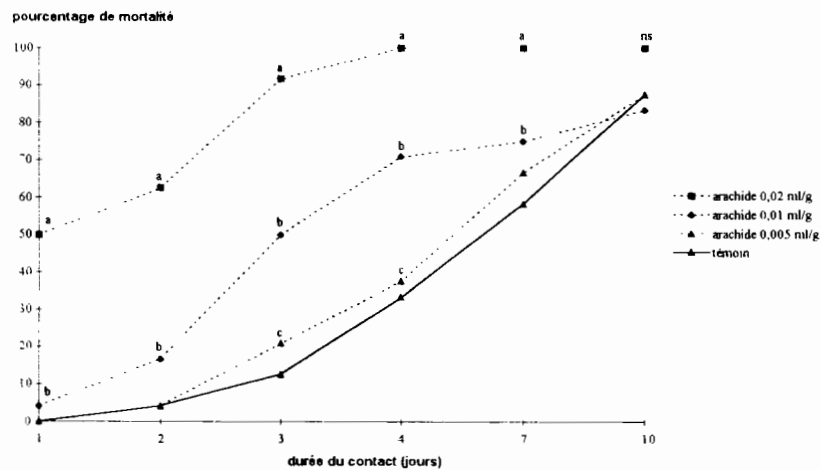


ANNEXE IV-B

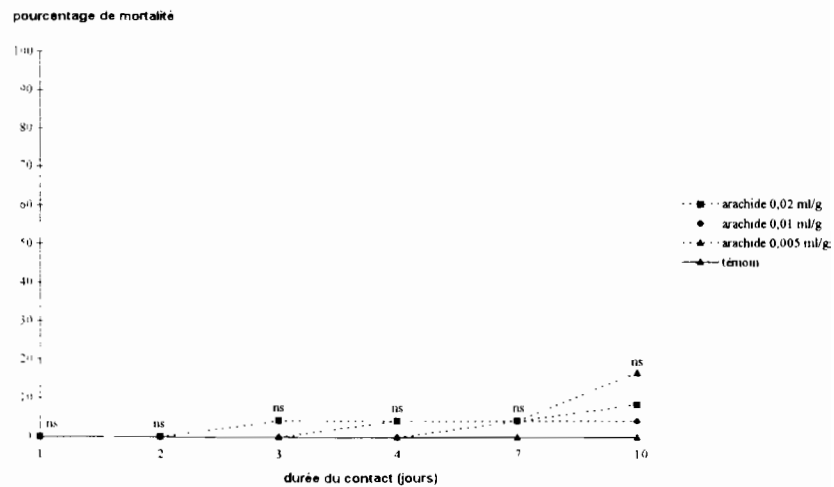
C. ACACIAE HUILE D'ARACHIDE 15^{ème} SEMAINE

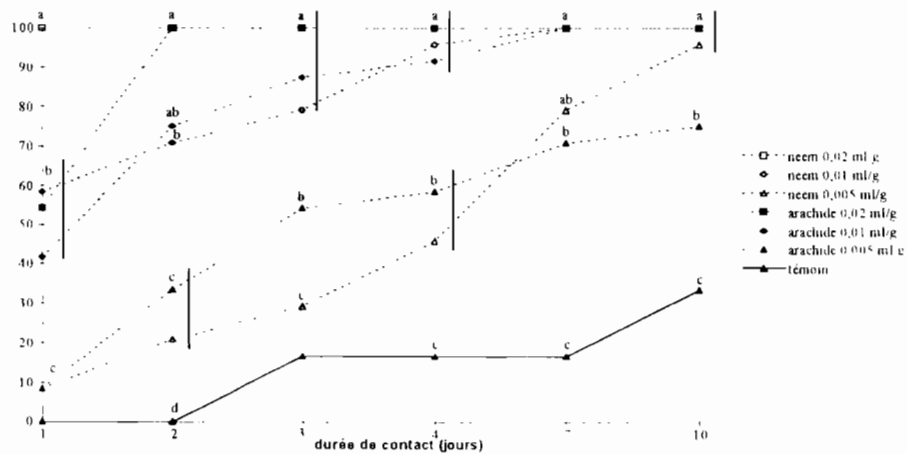


C. LONGISPINOSUS HUILE D'ARACHIDE 15^{ème} SEMAINE



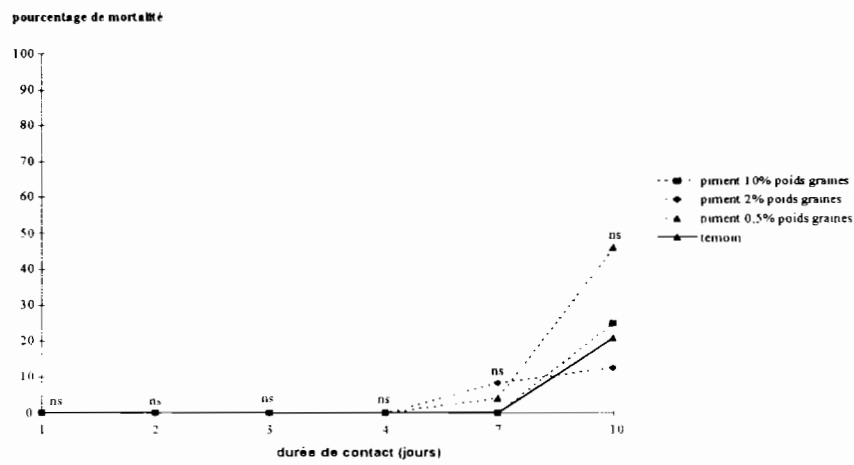
C. SERRATUS HUILE D'ARACHIDE 15^{ème} SEMAINE



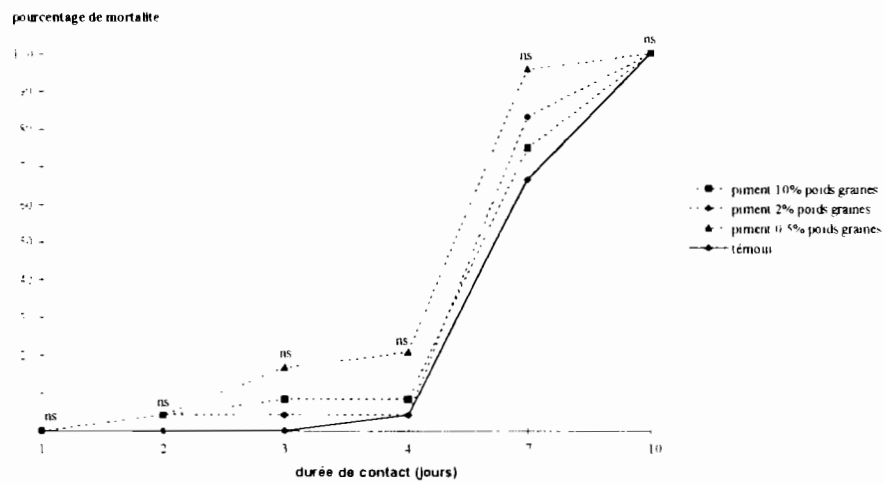


ANNEXE VI

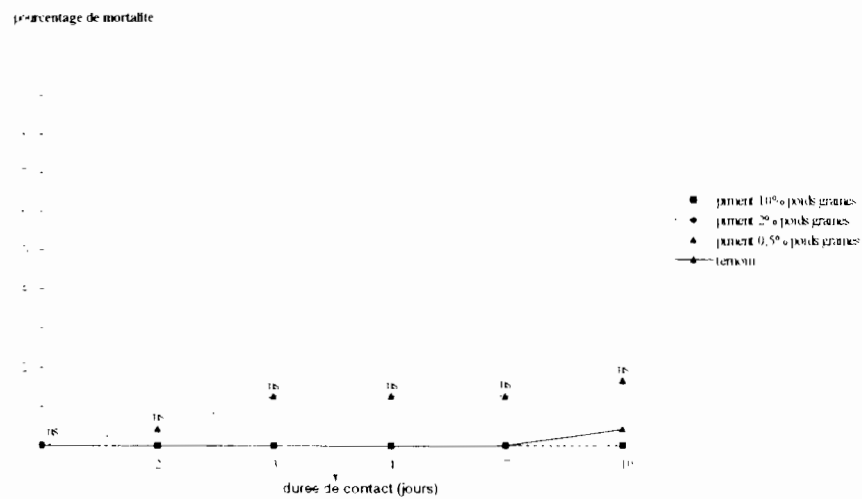
C. ACACIAE PIMENT



C. LONGISPINOSUS PIMENT

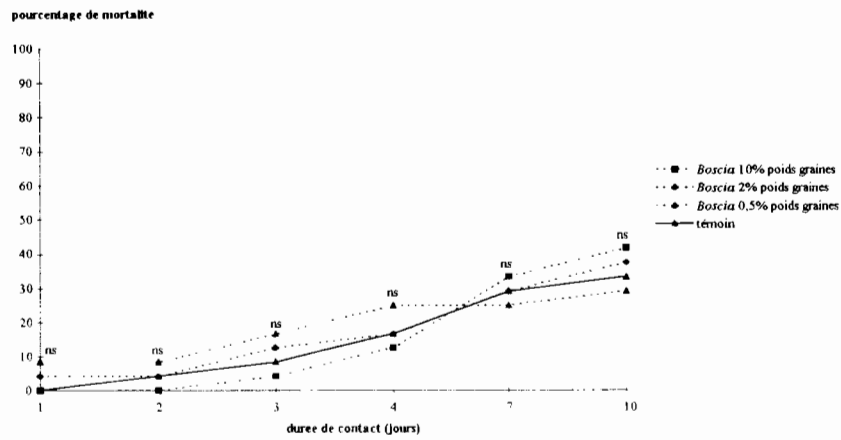


C. SERRATI'S PIMENT

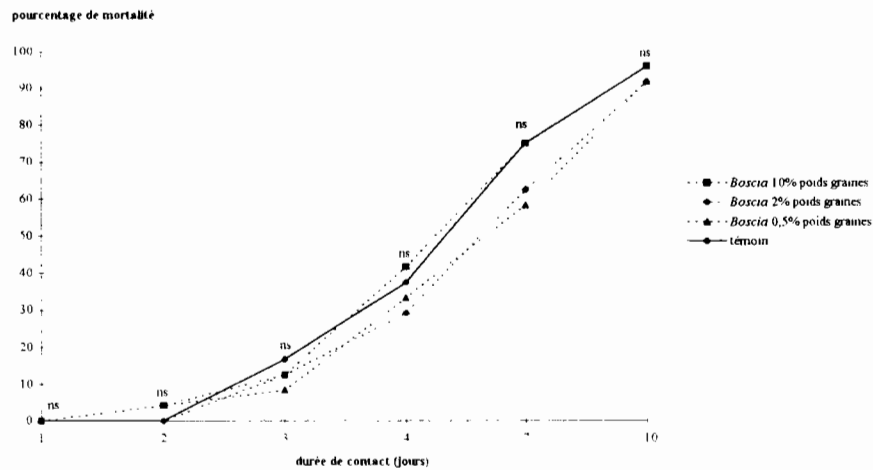


ANNEXE VII

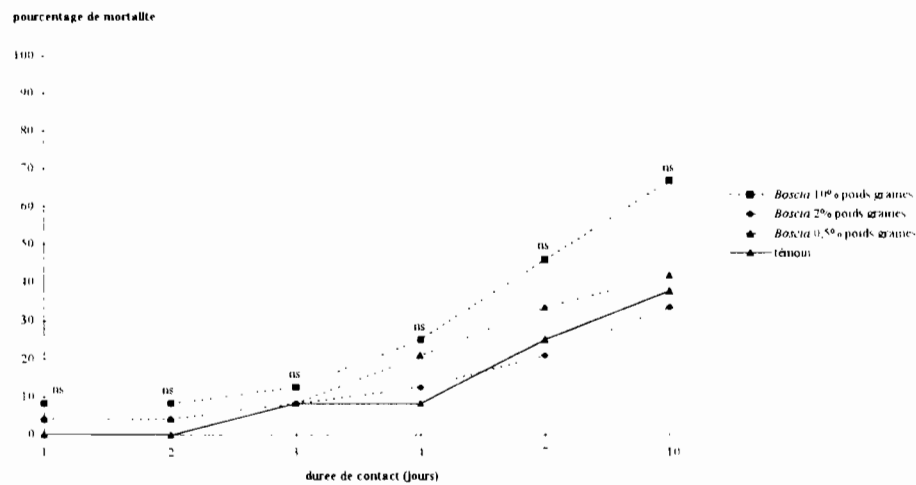
C. ACACIAE FEUILLE FRAICHE B. SENEGALENSIS



C. LONGISPINOSUS FEUILLE FRAICHE B. SENEGALENSIS

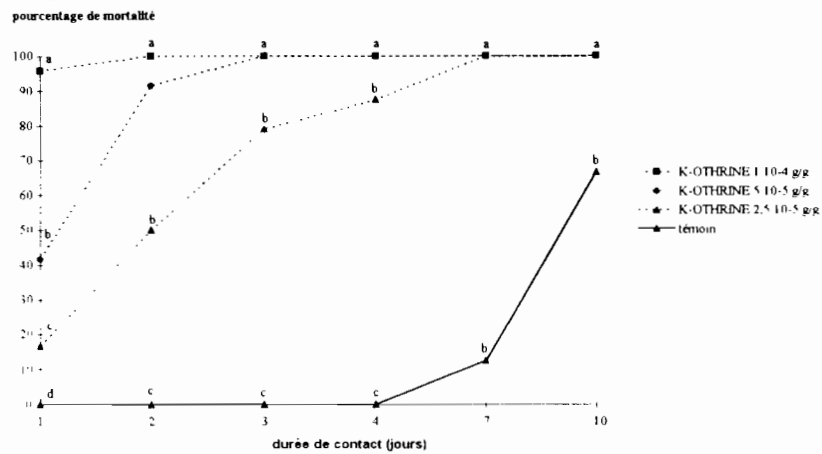


C. SERRATUS FEUILLE FRAICHE B. SENEGALENSIS

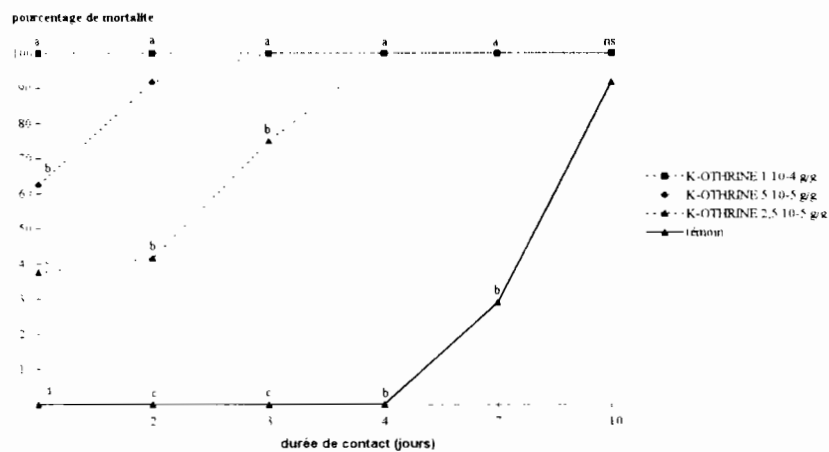


ANNEXE VIII

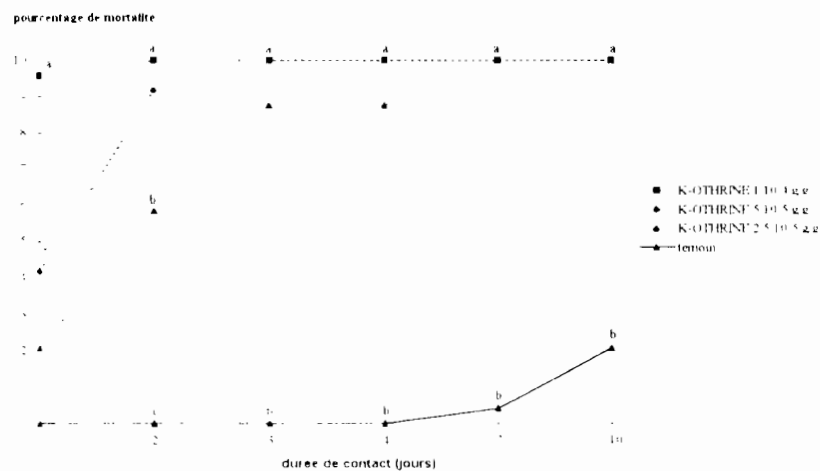
C. ACACIAE 1^{re} SEMAINE K-OTHRINE



C. LONGISPINOSUS 1^{re} SEMAINE K-OTHRINE



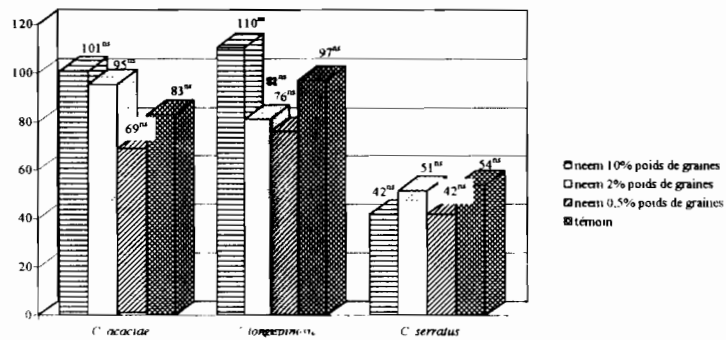
C. SERRATUS 1^{re} SEMAINE K-OTHRINE



ANNEXE IX

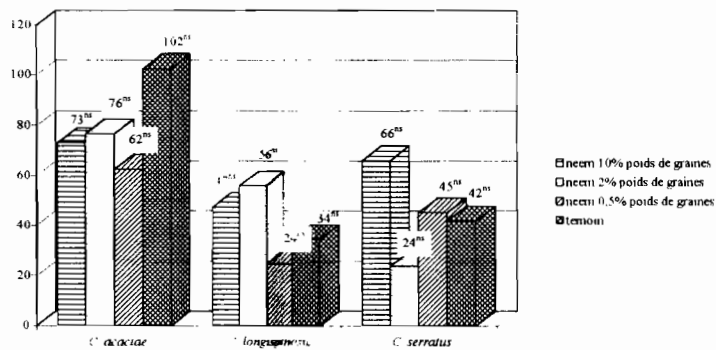
FEUILLE FRAICHE DE NEEM

nombre d'oeufs éclos



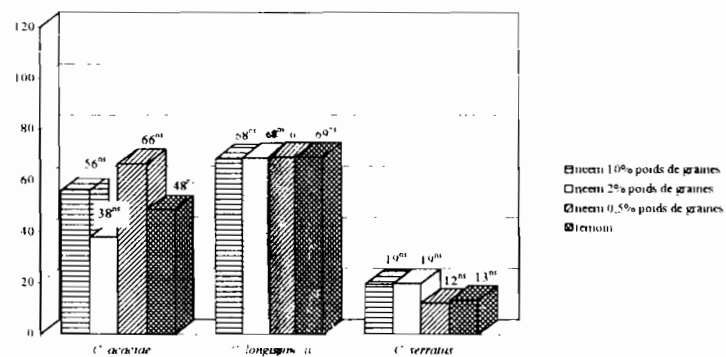
FEUILLE SECHE DE NEEM

nombre d'oeufs éclos



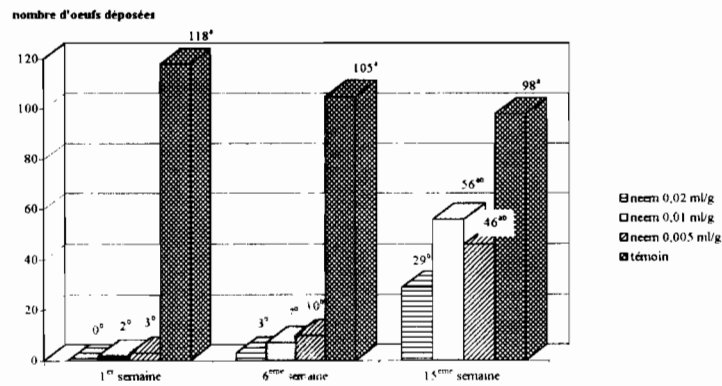
POUDRE DE NEEM

nombre d'oeufs éclos

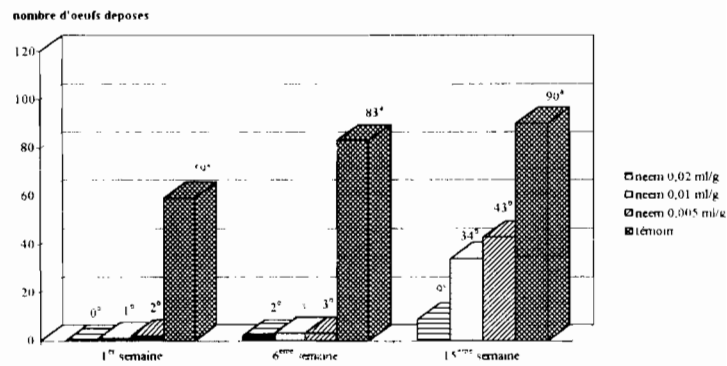


ANNEXE X

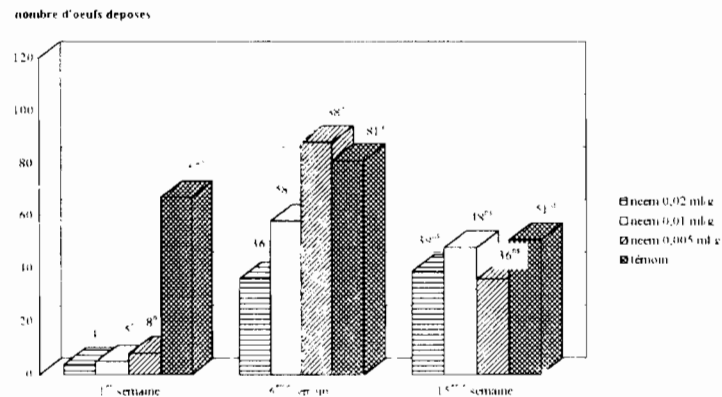
C. ACACIAE HUILE DE NEE



C. LONGISPINOSUS HUILE DE NEE



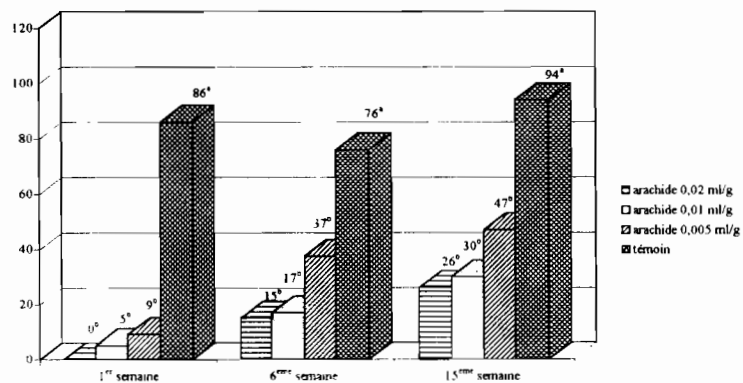
C. SERRATUS HUILE DE NEE



ANNEXE XI

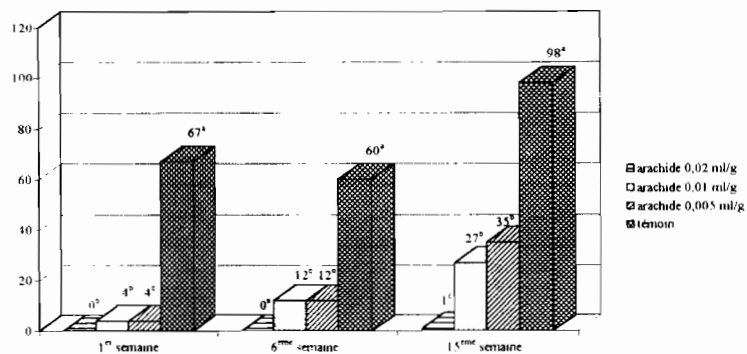
C. ACACIAE HUILE D'ARACHIDE

nombre d'oeufs déposés



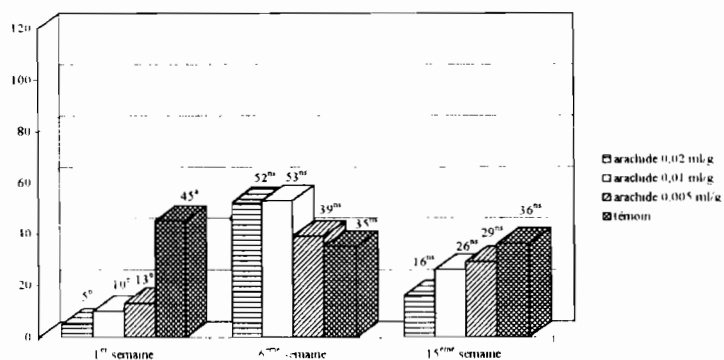
C. LONGISPINOSUS HUILE D'ARACHIDE

nombre d'oeufs déposés



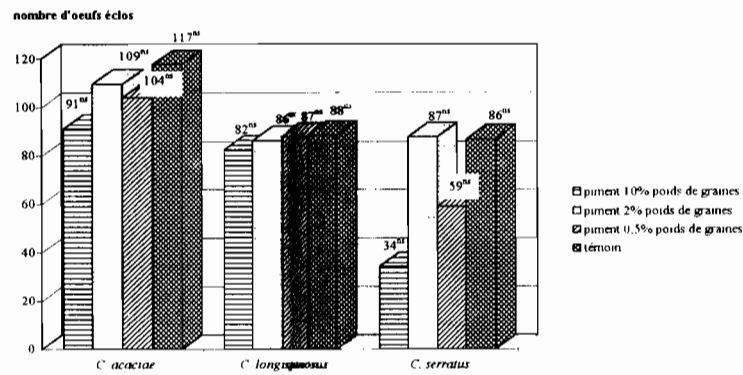
C. SERRATUS HUILE D'ARACHIDE

nombre d'oeufs déposés

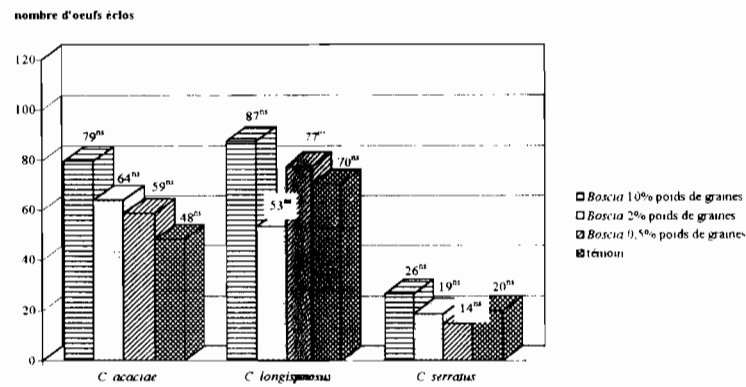


ANNEXE XII

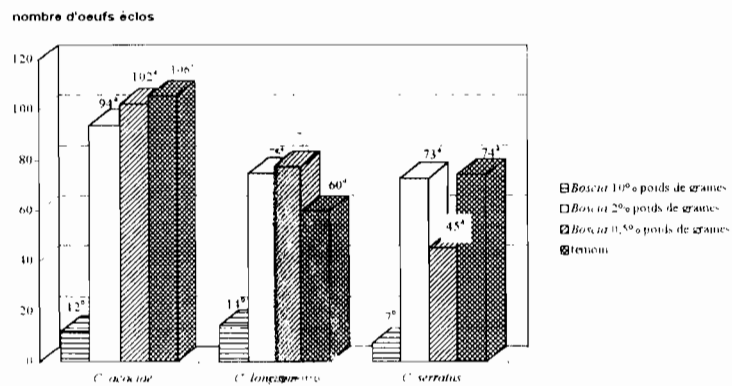
PIEMENT



FEUILLE FRAÎCHE *B. SENEGALENSIS*



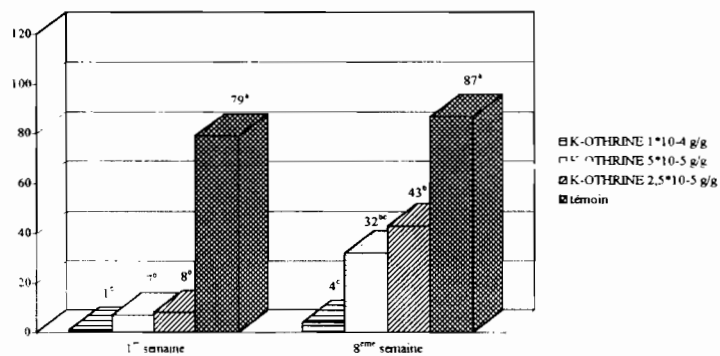
FRUIT FRAÎS DE *B. SENEGALENSIS*



ANNEXE XIII

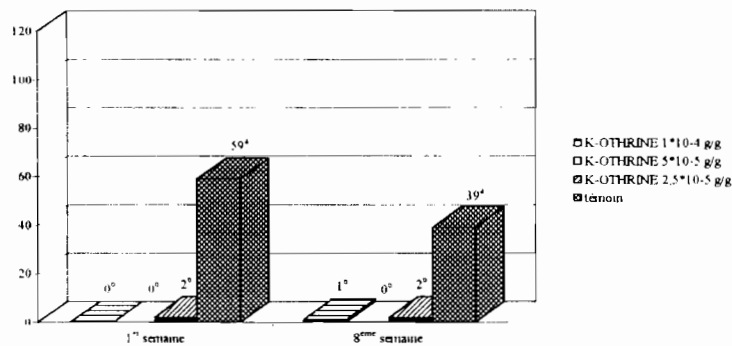
C. ACACIAE K-OTHRINE

nombre d'oeufs déposés



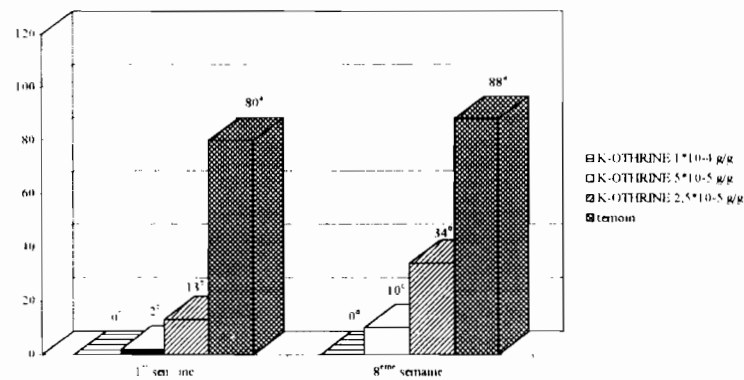
C. LONGISPINOSUS K-OTHRINE

nombre d'oeufs déposés



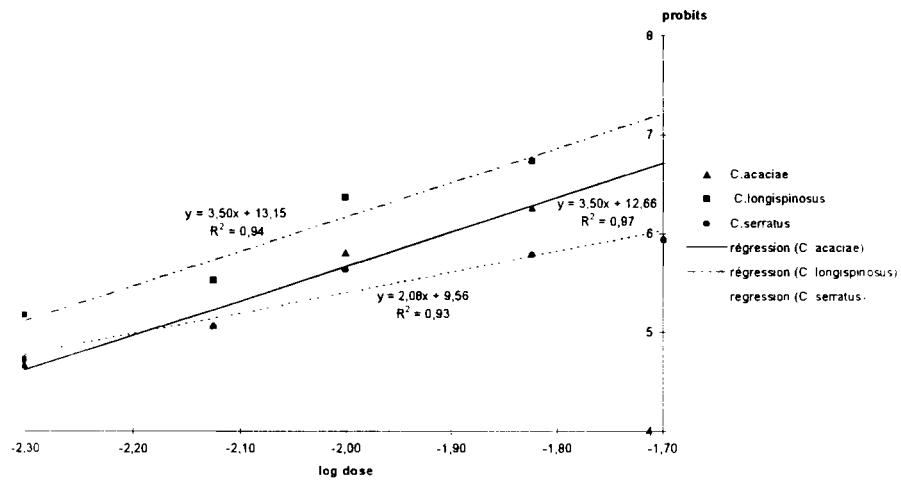
C. SERRATUS K-OTHRINE

nombre d'oeufs

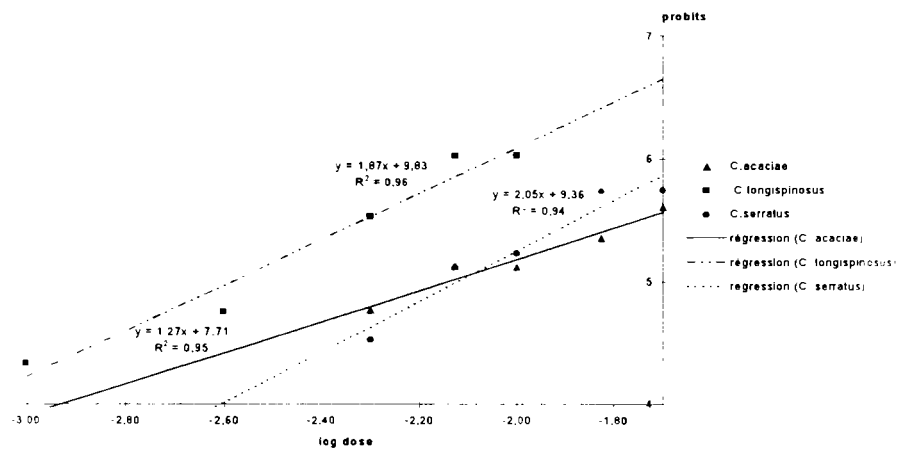


ANNEXE XIV

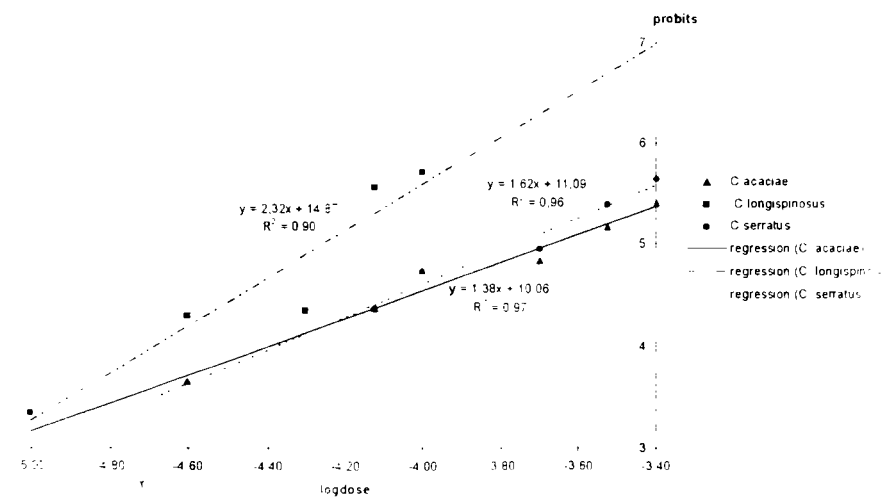
DL50 LARVE HUILE DE NEEM



DL50 LARVE HUILE D'ARACHIDE



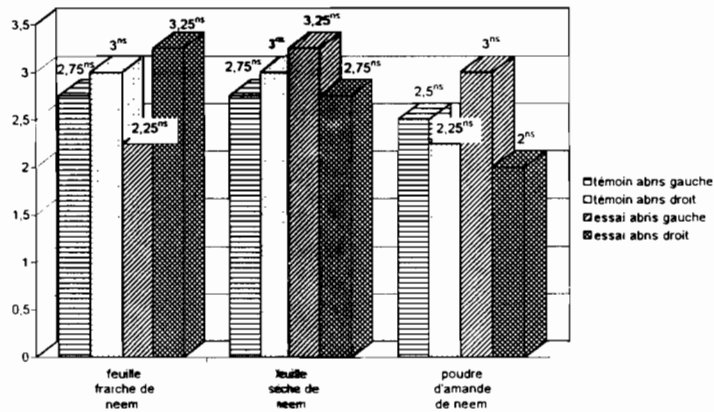
DL50 LARVE K-OTHRINE



ANNEXE XV-A

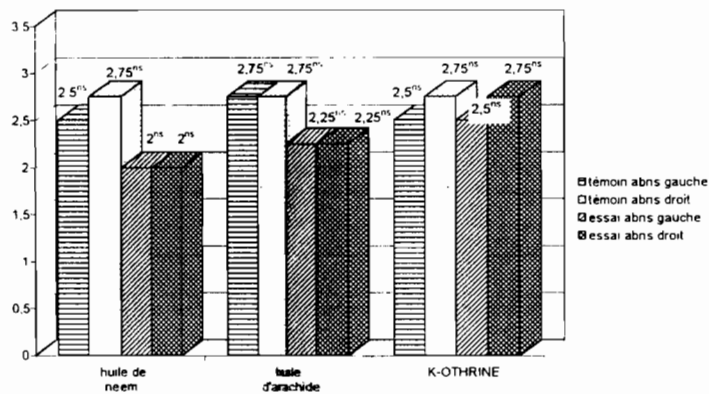
C. ACACIAE EFFET REPULSIF

nombre moyen de bruches



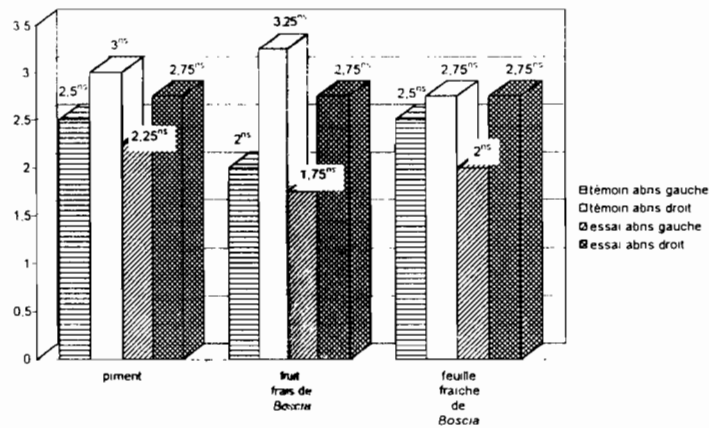
C. ACACIAE EFFET REPULSIF

nombre moyen de bruches



C. ACACIAE EFFET REPULSIF

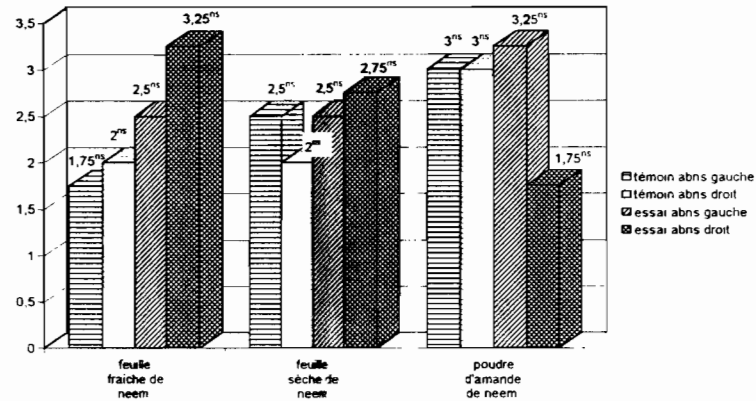
nombre moyen de bruches



ANNEXE XV-B

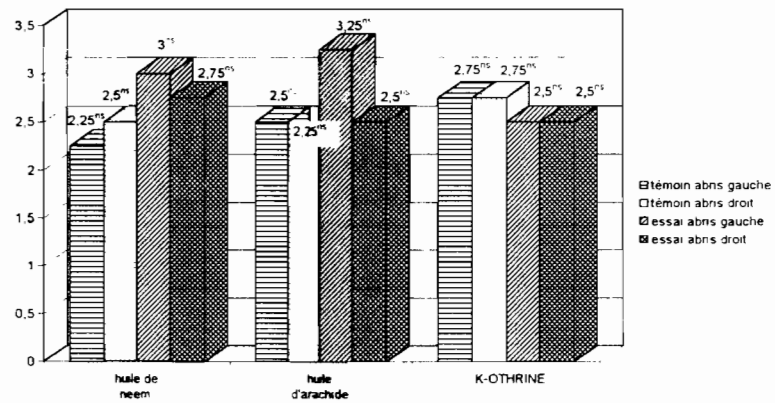
C. SERRATUS EFFET REPULSIF

nombre moyen de bruches



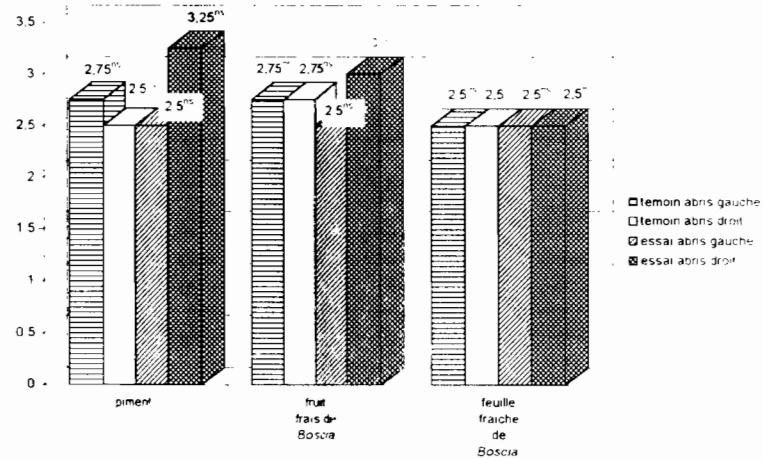
C. SERRATUS EFFET REPULSIF

nombre moyen de bruches



C. SERRATUS EFFET REPULSIF

nombre moyen de bruches



ANNEXE XVI

