



CN0101467  
J150  
LIE

REVUE DES METHODES DE LUTTE CONTRE  
**CALLOSOBRUCHUS MACULATUS (F.) (COLEOPTERA:  
BRUCHIDAË), RAVAGEUR DES GRAINES DE NIEBE (*VIGNA  
UNGUICULATA* (L.) WALP) EN AFRIQUE TROPICALE**

V. LIENARD et D. SECK

Unité et Zoologie générale et appliquée. Faculté des Sciences Agronomiques 2,  
Passage des **Déportés**, B-5030 Gembloux

(Received 16 March 1993; accepted 16 March 1994)

**Résumé**—*Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) ou **bruche** du **niébé** est un des ravageurs les plus redoutables des graines de niébé en Afrique tropicale. En zone rurale où les techniques de conservation des denrées sont rudimentaires, ce ravageur entraîne des pertes **post-récolte** pouvant atteindre 100 % en quelques **mois**. L'importance des **dégâts occasionnés** a **justifié** le **développement** de méthodes de **contrôle** efficaces et applicables en milieu villageois. L'ensemble de ces méthodes sont passées en revue et **l'applicabilité** de chacune d'entre elles **est** discutée. Il **s'avère** que la lutte chimique est inadaptée au monde rural compte tenu de son coût et des dangers **liés** à son utilisation. Les nombreux travaux effectués sur la **résistance variétale** ont **permis** d'identifier des variétés plus ou moins résistantes à ce ravageur; toutefois, ces **variétés** sont souvent peu **intéressantes** du point de vue agronomiques. L'incorporation de cette résistance dans des variétés acceptables n'a pas encore donné satisfaction. Les méthodes physiques de lutte **sont** souvent insuffisantes pour assurer une protection efficace des stocks et de plus, demandent un équipement et des connaissances techniques approfondies. Quant à la lutte biologique, bien que prometteuse, elle n'en est encore qu'au stade de recherche. Toutes ces restrictions placent les méthodes traditionnelles de lutte parmi les plus efficaces et les plus utilisées. Ainsi, l'utilisation de la fureur **indigène** et de ses dérivés, de substances inertes, le contrôle de l'humidité et de la température, ainsi que l'application des méthodes préventives entraînent une réduction significative des populations de *C. maculatus* et donc, diminuent les pertes **post-récolte**.

**Mots Clés:** *Callosobruchus maculatus*, niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, méthodes de lutte, Afrique tropicale

**Abstract**—*Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), commonly known as the cowpea seed beetle, is the most important pest of stored cowpea in tropical Africa. In rural **area** where **preservation** techniques and **facilities** are limited, it causes post-harvest weight and **quality losses**. The importance of **damages which can reach** 100% in a few months justifies the development of effective and appropriate control methods in the villages. All these control methods and their applications are discussed in this paper. Chemical control **is** inappropriate at farm level, because **of its cost and hazards**. The many studies conducted on **varietal resistance** have enabled identification of varieties that are more or less resistant to this pest; however, the varieties are often of little interest from the **agronomic** point of view. The incorporation of that resistance in cultivated varieties **is in progress**. The physical control methods are **inadequate** because their application requires equipment and **technical knowledge** which are not found in rural **areas**. Biological control is an attractive alternative but **is still** at an **experimental** stage. **All these** limitations support promotion of traditional control methods. Among them, the use of inert substances as **well as indigenous** plants or their **by-products** have **given**, in many cases, a satisfactory control of *C. maculatus*.

**Key Words:** *Callosobruchus maculatus*, cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, control methods, tropical Africa

## INTRODUCTION

En 1991, les études réalisées par la FAO sur la situation alimentaire des pays en voie de développement ont montré que 10 pays de l'Afrique subsaharienne, soit 220 millions de personnes, avaient une ration inférieure au minimum nécessaire (FAO, 1991). Ces populations souffrent donc de malnutrition et plus spécifiquement de carences protéiques (Poleman, 1975). La culture de légumineuses vivrières, sources de protéines végétales, a été reconnue être l'une des solutions les meilleures et les moins coûteuses.

En effet, le coût des protéines végétales est deux à trois fois inférieur à celui des protéines animales. Les graines de légumineuses contiennent deux à trois fois plus de protéines que les céréales et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation, dans les proportions correspondant aux besoins humains (à l'exception des acides aminés soufrés). De plus, les feuilles comestibles sont riches en vitamines et en sels minéraux.

Ces raisons justifient l'intérêt de la production de légumineuses vivrières, parmi lesquelles le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) occupe la première place en Afrique tropicale.

Malheureusement, dans ces pays, le stockage des récoltes constitue pour les agriculteurs un défi quotidien. De façon générale, les pertes dans les stocks sont de l'ordre de 10 à 30 %. Mais, dans les greniers familiaux, elles atteignent souvent 100 % en 5 ou 6 mois (Labeyrie, 1981). Les causes d'altération des denrées entreposées sont nombreuses et variées (biologiques, mécaniques et physico-chimiques). Parmi celles-ci, les causes biologiques sont de loin les plus importantes (Jackai et Daoust, 1986; Singh, 1990; Singh et Jackai, 1985). Ainsi, les récoltes de légumineuses sont attaquées par des bruches, une des rares familles à avoir colonisé les graines mûres de légumineuses, aux dépens desquelles les larves se développent (Caswell, 1961).

C'est ainsi que le niébé est attaqué lors du stockage par *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) qui peut détruire totalement la récolte après 5 ou 6 mois. Les méthodes de lutte contre ce ravageur sont nombreuses (Viaud, 1983). Cependant, en milieu rural, le manque de moyens financiers et d'infrastructures adéquates de stockage limite fortement leurs utilisations et leur efficacité. Les infrastructures traditionnelles de stockage sont rudimentaires et souvent peu efficaces à long terme pour empêcher les infestations d'insectes. La lutte chimique est quasi inexistante de par son coût élevé, les risques inhérents à son utilisation et les difficultés d'approvisionnement en matières actives. L'utilisation de variétés résistantes est une méthode

de lutte très prisée par les petits agriculteurs mais, au stade actuel des recherches, elle reste insuffisante pour assurer une protection durable des stocks. Les méthodes physiques, comme l'irradiation des denrées ou l'utilisation d'atmosphère contrôlée demandent des moyens financiers et des connaissances que les paysans ne possèdent pas. Quant à la lutte biologique, elle n'en est encore qu'au stade de recherche.

C'est pour ces nombreuses raisons que les paysans se tournent et ce, depuis toujours, vers des techniques traditionnelles faisant appel aux méthodes préventives, à l'utilisation des substances végétales ou minérales ou encore, au stockage hermétique pour lutter contre les ravageurs.

Cette revue bibliographique reprend ainsi l'ensemble des méthodes de lutte utilisées contre la bruche du niébé, avec leurs avantages, leurs limitations et leurs perspectives d'utilisation future.

## METHODES DE LUTTE

### Lutte chimique

**Les insecticides de contact.** De nombreux insecticides sont utilisés pour la protection des denrées stockées. On distingue:

(1) Les composés organochlorés: DDT et lindane sont très efficaces contre *C. maculatus* mais également très toxiques pour l'homme. Leur DL50 est respectivement de 0,022 et 0,01 µg/adulte (Hussein et Abdel-Aal, 1982).

(2) Les composés organophosphorés (malathion, pirimiphos-méthyle, chlorpyrifos-méthyle, dichlorvos): groupés d'insecticides le plus polyvalent parmi les produits utilisés contre les insectes des denrées. Le pirimiphos-méthyle se révèle le plus efficace pour lutter contre la bruche du niébé (Pierrard, 1984).

(3) Les carbamates: le carbaryl est de loin le plus employé. Sa DL50 sur *C. maculatus* est de 0,25 µg/adulte (Hussein et Abdel-Aal, 1982).

(4) Les pyréthrinoides de synthèse (perméthrine, cyfluthrine, deltaméthrine): produits synthétiques proches des pyrèthres naturelles ayant une longue persistance d'action et une toxicité faible pour l'homme. En conditions sahéniennes, la deltaméthrine à la dose de 1 ppm assure une protection efficace du niébé pendant 6 à 7 mois de stockage (Seck et al., 1991b).

**Les fumigants.** Les fumigants sont des insecticides à haute tension de vapeur qui agissent sous forme gazeuse. Ces composés très toxiques pour l'homme et les animaux sont soumis lors de leur application à des normes de sécurité très strictes. Par rapport aux insecticides de contact, ils possèdent l'avantage de ne laisser aucun résidu sur les denrées. La fumigation

est un traitement purement curatif. Une fois réalisée, le stock n'est plus protégé contre de nouvelles infestations.

Dans les pays chauds, la phosphine (PH<sub>3</sub>) est le fumigant le plus couramment utilisé (Howe, 1978; Hindmarsh et al., 1978) et s'avère très efficace contre les oeufs et les larves de *C. maculatus* (Singh et al., 1990).

Conclusion. Les insecticides chimiques se révèlent très efficaces pour protéger les stocks des attaques des ravageurs (Abdel-Wahab et al., 1975). Malheureusement, leur emploi est limité par de nombreuses contraintes (Egwuatu, 1987) qui sont: (1) leur coût élevé, (2) les risques pour la santé humaine et animale encourus lors de leur utilisation, (3) les résidus laissés dans les denrées par les insecticides de contact, (4) le risque d'apparition d'insectes résistants ou tolérants suite à une utilisation plus importante de ces produits, (5) l'indisponibilité à tout moment et en quantité suffisante des pesticides et, (6) le manque de matériel permettant une optimisation des traitements.

Suite à ces nombreuses restrictions d'utilisation, les insecticides chimiques ne sont que très peu utilisés en milieu villageois.

### Résistance variétale

L'utilisation de variétés résistantes dans la lutte contre *C. maculatus* est une méthode de contrôle très intéressante pour les petits agriculteurs. En effet, elle se substitue à la lutte chimique et en élimine ainsi de nombreux inconvénients tels que les risques pour la santé et l'environnement, le coût élevé, les problèmes d'acceptation des différents produits par les populations locales ou encore, les difficultés liées à l'utilisation de ces différentes substances (Yadava et Bhatnagar, 1987).

Un programme d'amélioration du niébé a été élaboré à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigéria. La stratégie à long terme du programme consiste à mettre au point des cultivars de niébé possédant une résistance multiple aux ravageurs et aux maladies, dotés de caractères agronomiques supérieurs, et adaptés aux conditions locales (Dobie, 1981; Lawani, 1989; Singh, 1987).

Sur plus de 8000 variétés testées, seules trois (TVu 2027, TVu 11952 et TVu 11953) montrent une résistance significative à l'égard de *C. maculatus* (Singh, 1977; Singh et al., 1985). Ces dernières, peu intéressantes d'un point de vue agronomique (faible rendement, sensibilité aux maladies et ravageurs autres que les bruches), ne peuvent être diffusées auprès des paysans et sont utilisées comme source de résistance dans les croisements (Adjadi et al., 1985).

Singh et al. (1985) ont montré que le niveau de résistance de ces trois variétés est comparable et

suffisant pour réduire les dégâts causés par les bruches. Par rapport aux variétés sensibles, ces trois variétés résistantes présentent une moindre émergence de *C. maculatus* ainsi qu'un allongement de la durée du cycle de développement de l'insecte, ce qui se traduit par une réduction du pourcentage de graines endommagées et par une diminution des pertes en poids des graines.

L'étude des facteurs responsables de la résistance montre que les femelles de *C. maculatus* préfèrent pondre sur des graines lisses plutôt que sur des graines rugueuses (Nwanze et al., 1975; Nwanze et Horber, 1976). Ce mécanisme constitue une forme de résistance physique se traduisant par une réduction de l'oviposition. Malheureusement, dans la pratique du stockage du niébé, l'insecte n'est confronté qu'à une seule variété et n'a donc pas le choix. Ce facteur de résistance physique n'a donc que très peu d'intérêt (Nwanze et al., 1975).

Gatehouse et al. (1979) ont montré que la résistance de la variété TVu 2027 à l'égard de *C. maculatus* est due à une teneur élevée en inhibiteur de trypsine (teneur supérieure à 0.8 %) par rapport à celle présente dans les variétés sensibles (teneur inférieure à 0.5 %).

La résistance de cette variété est donc de nature chimique et se traduit par une inhibition du développement des larves sans affecter, ni la production d'oeufs, ni la pénétration des larves dans les graines.

L'activité antimétabolique des inhibiteurs de trypsine du niébé se manifeste à deux niveaux: (1) ils empêchent l'assimilation des acides aminés soufrés nécessaires en inhibant les protéases de l'insecte, bloquant de cette manière la digestion des protéines, (2) ils bloquent les acides aminés soufrés sous une forme non digestible.

Redden et al. (1983) ont montré que les inhibiteurs de trypsine sont très sensibles à la chaleur. Ils seraient donc détruits par la cuisson du niébé, ce qui élimine leur risque de toxicité sur l'homme qui ne consomme le niébé que cuit. La situation peut être différente dans le cas de l'alimentation animale utilisant directement le niébé; des expérimentations doivent encore être réalisées pour évaluer les éventuels effets toxiques.

Xavier-Filho et al. (1989) ont démontré qu'il n'y a pas de corrélation entre la teneur en inhibiteurs de trypsine et la résistance des graines à l'égard des larves de *C. maculatus*. Ces auteurs ont, en effet, trouvé des cultivars de niébé sensibles à cette bruche (CE-11 et CE-24) dont la teneur en inhibiteurs de trypsine est comparable à celle de la variété résistante TVu 2027.

La recherche d'autres composés secondaires toxiques présents dans les graines de niébé a permis d'identifier récemment, des inhibiteurs d'α-amylase (Piergiorganni et al., 1991). Même si leur rôle n'est

pas **entièrement élucidé**, certains auteurs (Gatehouse et al., 1986; Shekib et al., 1988) pensent qu'ils perturbent le **métabolisme** de l'amidon suite à un blocage des a-amylases intestinales de l'insecte. Ceci pourrait expliquer partiellement l'incapacité de *C. maculatus* à se développer dans les graines de **céréales** où des inhibiteurs d'a-amylase sont présents.

L'analyse des **corrélations** entre les teneurs en inhibiteurs de trypsine et **d'a-amylase** d'une part et l'incidence des attaques d'autre part, montre que ni les inhibiteurs de trypsine seuls, ni les inhibiteurs d'a-amylase seuls, ne peuvent expliquer la résistance du **niébé** à l'égard de *C. maculatus*. Les lignées résistantes possédant des teneurs élevées des deux inhibiteurs, la **résistance** chimique du **niébé** à la **bruche** du **niébé** serait due à l'effet combiné des deux types d'inhibiteurs.

Gatehouse et Boulter (1983) ont observé que la résistance de la **variété TVu 2027** peut être surmontée par l'apport des acides aminés soufrés (**méthionine** et **cystéine**) déficients chez le **niébé**. Ils ont alors **émis** l'hypothèse que la résistance dépendrait de la disponibilité en éléments nutritifs pour la larve en croissance.

Dick et Credland (1986a) ont trouvé que des souches de *C. maculatus* originaires de **plusieurs** régions géographiques différent dans leur aptitude à se développer sur la variété **TVu 2027**. D'autres **études** sur la génétique de la résistance du **niébé** à *C. maculatus* montrent que la capacité de survie de l'insecte dans la variété **résistante TVu 2027** est un caractère héréditaire dominant (Dick et Credland, 1986b).

Ces restrictions sur la valeur agronomique et nutritive des cultivars résistants soulèvent le **problème** de la stabilité de la résistance dans le temps et justifient l'importance de trouver d'autres **mécanismes** de **résistance** comme la résistance de la gousse de **niébé**.

En effet, les femelles de *C. maculatus* pondent sur les gousses de **niébé** au champ, en fin de maturation. A l'éclosion, la larve de premier stade ronge l'enveloppe de la gousse pour atteindre les graines de **niébé**. La gousse constitue donc la première barrière qu'elle doit franchir l'insecte avant d'atteindre les graines.

En 1976, Akingbohunge (1976) mit en **évidence** certains **cultivars** de **niébé** présentant une **résistance** des gousses à l'égard des **larves** de *C. maculatus*. Des études **ultérieures** réalisées par Caswell (1984) montrent que la **résistance** des gousses est de nature physique et offre une protection appréciable des graines.

Actuellement, l'objectif des programmes d'amélioration de la résistance variétale du **niébé** à *C. maculatus* est de combiner dans un même **cultivar** la résistance de la gousse à celle de la graine et ainsi,

d'assurer une protection efficace tant au champ que durant le stockage (Fatuna et Badaru, 1983; Kitch et al., 1991).

**Malheureusement, au stade actuel des recherches**, la **résistance variétale** seule ne permet pas une protection suffisante des stocks de **niébé**. Elle doit donc être perçue comme un élément important d'un programme de lutte **intégrée** combinant la lutte chimique, les luttes traditionnelles, l'amélioration des conditions de stockage, les techniques culturales, etc.

### *Methodes physiques de lutte*

Par divers **procédés**, on joue sur la sensibilité des ravageurs aux radiations, aux températures extrêmes ainsi qu'à la teneur en oxygène et en dioxyde de carbone.

**Irradiation gamma.** L'irradiation par des rayons gamma est une méthode de lutte physique utilisée dans divers pays contre de nombreux insectes des denrées. Son principe repose sur l'exposition des populations d'insectes, soit à des doses élevées d'irradiation pour tuer tous les stades de développement de l'insecte, soit à des doses plus faibles pour les stériliser (Elbadry et Ahmed, 1975; Hekal et El-Kady 1987). La méthode par **stérilisation** est la plus couramment utilisée.

Ces dernières années, l'irradiation tend à compléter, voire à remplacer la lutte chimique (Ahmed, 1990). Elle présente en effet plusieurs avantages par rapport à cette dernière: (1) elle ne laisse pas de **résidus** dans les **denrées**; (2) aucune forme de résistance n'a jusqu'à présent **été** observée; (3) le traitement est instantané; (4) elle ne **présente** aucun danger pour les utilisateurs; (5) le traitement **peut** être appliqué après l'emballage **final**; (6) elle **pénètre** uniformément la denrée.

Elle présente cependant trois limitations importantes qui sont: (1) un investissement initial **très** élevé; (2) des connaissances techniques approfondies et; (3) la réticence des consommateurs face à ce type de traitement.

Les doses d'irradiation varient en fonction de l'**espèce** (*C. maculatus* est considéré comme un insecte sensible aux radiations), du stade de développement et de facteurs physiques comme la température.

Des études **réalisées** par l'**US Food and Drug Administration** ont **montré** qu'aux doses prescrites, l'irradiation n'altère aucune des propriétés de la **denrée**.

*Atm (osphère contrôlée*

L'utilisation d'azote ou de dioxyde de carbone peut être **valorisée** pour le contrôle des insectes des

**denrées.** L'enrichissement de l'atmosphère par l'un des gaz fait chuter la teneur en oxygène et provoque ainsi l'asphyxie des insectes (Storey, 1975; Storey, 1978).

**Conclusion.** Les méthodes de contrôle physique des insectes des denrées ne sont pas applicables en milieu villageois compte tenu du matériel nécessaire et des connaissances liées à leur utilisation.

Elles ne sont donc pas envisageables dans un programme de lutte destiné aux paysans.

### Lutte biologique

L'utilisation de la lutte biologique pour le contrôle des insectes des denrées stockées s'est fortement accrue ces dernières années. Les lieux de stockage étant des espaces clos, ils sont d'excellents modèles pour l'utilisation des auxiliaires.

De nombreux parasites et prédateurs de *C. maculatus* ont été identifiés (de Luca 1965; van Huis 1991) (Tableau 1) toutefois les recherches dans ce domaine restent encore très limitées.

### Méthodes traditionnelles de lutte

**Introduction.** Beaucoup d'insecticides et de méthodes de stockage sont efficaces pour protéger les graines de niébé contre *C. maculatus*. Cependant, en milieu villageois, de tels intrants sont trop coûteux et difficiles à obtenir. De plus, beaucoup de paysans perçoivent la lutte chimique comme dangereuse et donc n'y recourent pas. Au contraire, utilisent-ils des méthodes traditionnelles plus indiquées et plus compatibles avec leurs moyens.

**Méthodes préventives.** Les méthodes de lutte préventive ont pour but de réduire, aux champs,

l'infestation des gousses. Elles comprennent les techniques culturales, le triage de la récolte, l'amélioration des infrastructures de stockage et l'hygiène du stockage:

#### (1) Les techniques culturales

Différentes méthodes culturales peuvent être mises en oeuvre. Le ramassage des gousses à un stade phénologique précoce, la récolte régulière des gousses dès leur maturité, l'association du niébé avec l'arachide ou une céréale comme le sorgho qui ne sont pas des plantes-hôtes de *C. maculatus* ou encore le sarclage de la culture se sont avérés intéressants.

#### (2) Le tri de la récolte

Le paysan a l'habitude de trier ses denrées avant de les stocker. En choisissant pour le stockage à long terme uniquement des gousses indemnes, il peut réduire les pertes de manière considérable.

#### (3) Amélioration des infrastructures de stockage

Après la récolte, le niébé est stocké soit en gousses, soit en grains dans des greniers traditionnels. Ces greniers, construits le plus souvent en matière végétale, diffèrent selon les régions en fonction des précipitations annuelles. Ainsi, dans les régions à pluviométrie faible (région sahélienne), les greniers non couverts sont placés à même le sol. L'augmentation de la pluviométrie oblige les paysans à couvrir les greniers et à les surélever par rapport au sol.

Pour améliorer la protection lors du stockage des récoltes, l'utilisation de sacs en polyéthylène s'avère

Tableau 1. Insectes auxiliaires de *C. maculatus*

Insectes auxiliaires	Références bibliographiques
<b>TRICHOGRAMMATIDAE</b>	
<i>Uscana lariophaga</i> Steffan	Monge et al. (1990)
<i>Uscana semifumipennis</i> Girault	Van Huis (1991)
<i>Uscana mukerjii</i> Mani	Kapila and Agarwal (1990) Pajni (1990)
<b>EUPELMIDAE</b>	
<i>Eupelmus orientalis</i> Crawford	Van Huis (1991)
<i>Eupelmus vuillei</i> Crawford	Monge et al. (1990). Prevett (1961)
<b>PTEROMALIDAE</b>	
<i>Anisopteromalus calandrae</i> (How.)	Heong (1981). Prevett (1961)
<i>Chaetospila elegans</i> Westwood	Van Huis (1991)
<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani)	Rojas-Rousse et al. (1988)
<i>Dinarmus vagabundus</i> (Timberlake)	Rojas-Rousse et al. (1988)
<i>Lariophaga texacus</i> Crawford	Van Huis (1991)
<b>EURYTOMIDA</b>	
<i>Eurytoma</i> sp.	Prevett (1961)

très efficace pour le contrôle de *Sitophilus granarius* (L.) ou d'*Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Wilkin et Green, 1970). Malheureusement, *C. maculatus* est capable de percer le polyéthylène. Une doublure en coton est donc nécessaire pour empêcher les infestations ultérieures (Caswell, cité par van Huis, 1991).

#### (4) L'hygiène du stockage

Le nettoyage des locaux et des sacs en jute, s'il s'agit d'un stockage en sacs, doit être effectué soigneusement.

**Utilisation de la température et de l'humidité.** Par les procédés thermiques, on joue sur la sensibilité des ravageurs aux températures élevées, comme par exemple, lors du stockage au-dessus du feu. Cette technique pratiquée dans les régions humides du Togo a l'avantage de sécher la récolte rapidement, de ralentir le développement des insectes et de prévenir une nouvelle infestation (Zehrer, 1980).

**Addition de substances végétales.** Le recours à la flore indigène (Kerharo et Adam, 1974) et à ses produits pour préserver les grains a fait l'objet de nombreuses études (Tableau 2).

L'observation des données de ce tableau montre l'importance de l'utilisation des huiles végétales pour contrôler les infestations de *C. maculatus* dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux (Naik et Dumbre, 1984). Toutefois, malgré les nombreux travaux effectués sur les huiles, les raisons de leur efficacité ne sont pas clairement élucidées.

L'observation de la morphologie des oeufs de plusieurs espèces du genre *Callosobruchus* a permis à Credland (1992) d'émettre l'hypothèse d'occlusion par les huiles du micropyle à la partie postérieure de l'oeuf ce qui provoquerait l'asphyxie de ce dernier. Il a aussi observé une diminution de l'adhérence de l'oeuf sur la graine quand celle-ci est recouverte d'huile.

A ces actions de nature physique des huiles, s'ajoute une éventuelle toxicité directe de certains de leurs constituants (Don-Pedro, 1989b). Hill et Schoonhoven (1981) ainsi que Don-Pedro (1990) ont montré que chez les huiles efficaces à l'égard de *C. maculatus*, les acides gras présents ont une toxicité variable.

D'autres auteurs ont montré une toxicité plus élevée des huiles brutes par rapport aux huiles purifiées (Schoonhoven, 1978) et des huiles non comestibles par rapport aux huiles alimentaires (Naiket Dumbre, cité par van Huis, 1991).

**Addition de substances minérales.** Différentes substances minérales peuvent être valorisées pour le contrôle des insectes des denrées.

Ainsi, au nord du Cameroun, une méthode traditionnelle de stockage consiste à mélanger des cendres aux graines de niébé (Ofuya, 1986). Dans une étude récente, Wolfson et al. (1991) ont montré que la cendre constitue une barrière physique qui empêche l'entrée des adultes dans les stocks, diminue l'oviposition et réduit les émergences en emprisonnant les adultes dans les cellules pupales.

D'autres substances inertes comme le sable (Zehrer, 1980), la kaolinite activée par un acide ou par un traitement à la chaleur (Swamiappan et al., 1976) sont utilisées pour protéger les stocks de niébé. La kaolinite mélangée aux grains provoque la déshydratation de nombreux insectes tels que *C. maculatus*, *Tribolium castaneum* Herbst., *Rhizopertha dominica* F. ou encore *Sitophilus oryzae* L.

Depuis peu, un produit analogue à base d'un mélange de terre à diatomées et d'attractif est vendu sous le nom commercial d'**Insector**® (Huber, 1990).

L'utilisation judicieuse de ces substances associée à un nettoyage minutieux des lieux de stockage devrait assurer une protection durable des stocks de niébé contre les dégâts de *C. maculatus*.

#### Stockage hermétique

Le stockage hermétique est une technique fort ancienne employée dans de nombreux pays. Il consiste à entreposer les graines oléagineuses ou les céréales dans des récipients hermétiques à l'air. Après un certain temps, l'oxygène est consommé par la respiration des graines et des ravageurs eux-mêmes qui finissent par mourir asphyxiés. L'étude du mécanisme de cette toxicité par Storey (1978) montre que la seule présence des insectes conduit en quelques jours ou quelques semaines (selon le niveau initial d'infestation) la teneur en oxygène à des concentrations de l'ordre de quelques pour-cents.

Une technique traditionnelle utilisée en Guinée-Bissau consiste à stocker les denrées dans des récipients en argiles séchées qui sont placés dans des fosses souterraines hermétiques à l'air.

Des vieux fûts métalliques sont également utilisés pour stocker les récoltes de céréales et de légumineuses. Ils sont remplis au maximum de grains de manière à limiter le volume d'air disponible et ainsi, atteindre rapidement une concentration létale pour les insectes présents. Au Sénégal, cette méthode s'est avérée très efficace pour la conservation du niébé en milieu paysan (Seck et Gaspar, 1992).

Le stockage hermétique des grains dans des structures en plastique est également préconisé (Navarro et al., 1990). Cependant, le matériau utilisé doit être suffisamment épais pour empêcher l'entrée d'insectes dans les stocks et doit résister aux

Tableau 2. Noms, organes, formulations et mode(s) d'action des différents végétaux efficaces contre *C. maculatus*

Nom	Organe	Formulation	Mode(s) d'action	Références Bibliographiques
<i>Acorus calamus</i> L.	rhizome	poudre	toxicité de contact chez les adultes	Yadava (1971)
		huile	idem	su (1991)
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	graine	poudre	diminution de la fécondité prolongement de la période de développement, diminution des émergences et effet insecticide	Echendu (1991) Ivbijaro (1983). Seck et al. (1991a), Singh (1986)
		huile	effet déterrent, effets ovicide et larvicide	Daniel and Smith (1990). Ivbijaro (1990) Pereira (1983) Zehrer (1984)
<i>Zingiber officinale</i> (Rosc.)	rhizome	poudre	diminution de l'oviposition	Echendu (1991)
<i>Arachis hypogea</i> L.	graine	huile	diminution de l'oviposition, effets ovicide et larvicide	Boughdad et al. (1987). Don-Pedro (1989a), Messina and Renwick (1983). Pereira (1983)
<i>Ricinus communis</i> L.	graine	huile	diminution des émergences	Singh et al. (1978)
<i>Butyrospermum parkii</i> (G. Don.) Kotschy	fruit	huile	effet ovicide	Pereira (1983)
<i>Cocos nucifera</i>	graine	huile	effets ovicide et larvicide	Messina and Renwick (1983). Singh et al. (1978)
<i>Eucalyptus citriodora</i> ou <i>globulus</i>	plante entière	huile	effet fumigant	Pajni and Gill (1990)
<i>Piper guineense</i> Schum & Thonn	graine	huile	effet insecticide et diminution des émergences	Ivbijaro (1990)
<i>Piper nigrum</i> L.	Plante entière	poudre	diminution de l'oviposition et effet insecticide	Rajapakse (1990). su (1977). Su and Horvat (1981)
<i>Citrus</i> sp.	fruit	pelure	effet insecticide	Su and Horvat (1987). Su et al. (1972)
	huile	pelure	diminution de la ponte	Don-Pedro (1985)

températures élevées et aux radiations ultra-violet, tout en n'étant pas trop coûteux. Le stockage hermétique est efficace sur de longues périodes. Il élimine les insectes sans application de pesticides et donc, élimine tout danger de contamination du grain par les insecticides mais n'a malheureusement aucun effet résiduel (Pierrard, 1984).

## CONCLUSION

En Afrique tropicale, la protection des stocks de niébé contre *C. maculatus* constitue un défi quotidien. Les petits agriculteurs sont réceptifs aux méthodes de protection compatibles avec leurs moyens financiers et techniques. C'est pour cette raison que le problème des pertes post-récolte ne peut être résolu, non pas par une méthode de lutte unique, mais bien par la

combinaison de différentes méthodes reconnues efficaces.

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

L'utilisation de variétés résistantes s'avère plus adaptée mais la résistance verticale risque à tout moment de s'écrouler suite à la sélection de nouvelles souches d'insectes.

Les mesures de contrôle physique des insectes des denrées demandent souvent une technologie avancée qui est malheureusement inexistante en milieu rural.

Le contrôle biologique n'a encore reçu que peu d'attention mais reste un potentiel à exploiter.

Ces nombreuses restrictions expliquent probablement le recours des paysans et ce, depuis de très nombreuses années, aux méthodes traditionnelles de lutte qui se révèlent souvent efficaces et moins coûteuses. Cependant, ces méthodes utilisées seules restent insuffisantes pour assurer une protection durable contre *C. maculatus*.

Aujourd'hui, il s'avère donc nécessaire pour protéger efficacement les stocks de niébé de combiner la lutte chimique, la résistance variétale et les méthodes traditionnelles de lutte.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdel-Wahab A. M., Abdel-Rahim W. A. et Rizk M. (1975) Comparative susceptibility of male and female southern cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) to thirteen insecticides (Coleoptera: Bruchidae). *Bull. Soc. Entomol. Egypte, Ser. Econ.* 10, 165-170.
- Adjadi O., Singh B. B. et Singh S. R. (1985) Inheritance of bruchid resistance in cowpea. *Crop Sci.* 25, 740-742.
- Ahmed M. (1990) Irradiation disinfestation of stored foods. In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prof.* (Bordeaux, 9-14 Sept. 1990), Vol. II, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P. pp., 1105-1117.
- Akingbohunge A. E. (1976) A note on the relative susceptibility of unshelled cowpeas to the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae). *Trop. Grain Legume Bull.* 5, 11-13.
- Boughdad A., Gillon Y. et Gagnepain C. (1987) Effect of *Arachis hypogea* seed fats on the larval development of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 23 (2), 99-103.
- Caswell G. H. (1961) The infestation of cowpeas in the western region of Nigeria. *Trop. Sci.* 3, 154-158.
- Caswell G. H. (1984) The value of the pod in protecting cowpea seed from attack by bruchid beetles. *Samaru J. Agric. Res.* 2(1-2), 49-55.
- Credland P. F. (1992) The structure of bruchid eggs may explain the ovicidal effect of oils. *J. Stored Prod. Res.* 28(1), 1-9.
- Daniel S. H. et 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 *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prof.* (Bordeaux, 9-14, Sept. 1990), Vol. III, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P. pp. 1589-1597.
- Dick K. M. et Credland P. F. (1986a) Variation in the response of *Callosobruchus maculatus* (F.) to a resistant variety of cowpea. *J. Stored Prod. Res.* 22 (1), 43-48.
- Dick K. M. et Credland P. F. (1986b) Changes in the response of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) to a resistant variety of cowpea. *J. Stored Prod. Res.* 22 (4), 227-233.
- Dobie P. (1981) The use of resistant varieties of cowpeas (*Vigna unguiculata*) to reduce losses due to post-harvest attack by *Callosobruchus maculatus*. *Ser. Entomol.* 19, 185-192.
- Don-Pedro K. N. (1985) Toxicity of some citrus peels to *Dermestes maculatus* Deg. and *Callosobruchus maculatus* (F.). *J. Stored Prod. Res.* 21(1), 31-34.
- Don-Pedro K. N. (1989a) Effects of fixed vegetable oils on oviposition and adult mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Int. Pest Control* 13, 34-37.
- Don-Pedro K. N. (1989b) Mode of action of fixed oils against eggs of *Callosobruchus maculatus* (F.). *Pestic. Sci.* 26, 107-115.
- Don-Pedro K. N. (1990) Insecticidal activity of fatty acid constituents of fixed vegetable oils against *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Pestic. Sci.* 30, 295-302.
- Echendu T. N. C. (1991) Ginger, cashew and neem as surface protectants of cowpeas against infestation and damage by *Callosobruchus maculatus* (Fabr.). *Trop. Sci.* 31, 209-211.
- Egwuatu R. I. (1987) Current status of conventional insecticides in the management of stored product insect pests in the tropics. *Insect Sci. Applic.* 8 (4/5/6), 695-701.
- Elbadry E. A. et Ahmed M. Y. Y. (1975) Effects of gamma radiation on the egg stage of southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. *Z. angew. Entomol.* 79, 323-328.
- FAO (1991) La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.
- Fatunla T. et Badaruk K. (1983) Resistance of cowpea pods to *Callosobruchus maculatus* (Fabr.). *J. Agric. Sci. Camb.* 100, 205-209.
- Gatehouse A. M. R. et Boulter D. (1983) Assessment of the antimetabolic effects of trypsin inhibitors from cowpea (*Vigna unguiculata*) and other legumes on development of the bruchid beetle *Callosobruchus maculatus*. *J. Sci. Food Agric.* 34, 345-350.
- Gatehouse A. M. R., Fenton D. A., Jepson I. et Pavey D. J. (1986) The effects of a *amylase* inhibitors on insect storage pests: inhibition of a *amylase in vitro* and effects on development *in vivo*. *J. Sci. Food Agric.* 37, 727-734.

- Gatehouse A. M. R., Gatehouse J. A., Dobie P., Kilminster A. M. et Boulter D. (1979) Biochemical basis of insect resistance in *Vigna unguiculata*. *J. Sci. Food Agric.* **30**, 948-958.
- Hekal A. M. et El-Kady E. A. (1987) Effect of gamma radiation on the level of infestation with *Callosobruchus maculatus* (F.) in stored cowpea seeds. *Ann. Agric. Sci., Egypt* **32**(3), 1689-1698.
- Heong K. L. (1981) Searching preference of the parasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (Howard) for different stages of the host, *Callosobruchus maculatus* (F.) in the laboratory. *Res. Popul. Ecol.* **23**, 177-191.
- Hill J. et Schoonhoven A. V. (1981) Effectiveness of vegetable oil fractions in controlling the mexican bean weevil on stored beans. *J. Econ. Entomol.* **74**(4), 478-479.
- Hindmarsh P. S., Tyler P. S. et Webley D. J. (1978) Conserving grain on the small farm in the tropics. *Outlook Agric.* **9**(5), 214-219.
- Howe R. W. (1978) Introduction-The principles and problems of storage and pest control. *Outlook Agric.* **9**(5), 198-203.
- Huber R. W. (1990) Zero tolerance insect infestation now. In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prot.* (Bordeaux, 9-14 Sept. 1990), Vol. 1, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P., pp. 547-552.
- van Huis A. (1991) Biological methods of bruchid control in the tropics: A review. *Insect Sci. Applic.* **12**(1/2/3), 87-102.
- Hussein M. H. et Abdel-Aal Y. A. I. (1982) Toxicity of some compounds against the cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Int. Pest Control* **24**, 12-16.
- Ivbijaro M. F. (1983) Preservation of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, with the neem seed, *Azadirachta indica* A. Juss. *Prot. Ecol.* **5**, 177-182.
- Ivbijaro M. F. (1990a) The efficacy of seed oils *Azadirachta indica* A. Juss and *Piper guineense* Schum and Thonn on the control of *Callosobruchus maculatus* (F.). *Insect Sci. Applic.* **11**(2) 149-152.
- Jackai L. E. N. et Daoust R. A. (1986) Insect pests of cowpeas. *Annu. Rev. Entomol.* **31**, 95-119.
- Kapila R. et Agarwal H. C. (1990) Biology of an egg parasite of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prot.* (Bordeaux, 9-14 Sept., 1990). Vol. II, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P., pp. 1265-1273.
- Kerharo J. et Adam J. G. (1974) La pharmacopée d'égale traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques. Paris, Vigot.
- Kitch L. W., Shade R. E. et Murdock L. L. (1991) Resistance to the cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) larva in pods of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Entomol. Exp. Appl.* **60**, 182-192.
- Labeyrie V. (1981) Vaincre la carence protéique par le développement des légumineuses alimentaires et la protection de leurs récoltes contre les bruchides. *Food Nutr. Bull.* **3**(1), 24-38.
- Lawani S. M. (1989) Le niébé, la biotechnologie et la lutte contre les ravageurs. *Echo de l'ITA* **9**(2), 3-6.
- Luca Y. (de), (1965) Catalogue des métazoaires parasites et prédateurs de Bruchides (Coleoptera). *J. Stored Prod. Res.* **1**, 51-98.
- Messina F. J. et Renwick J. A. A. (1983) Effectiveness of oils in protecting stored cowpeas from the cowpea weevil (Coleoptera: Bruchidae). *J. Econ. Entomol.* **76**(3), 634-636.
- Monge J. P., Ouedraogo A. P. et Huignard J. (1990) Development of two bruchid species *Bruchidius atrolineatus* (Pic) and *Callosobruchus maculatus* (F.) and their larval parasitoids during storage of cowpea seeds *Vigna unguiculata* (Walp) in West Africa. In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prot.* (Bordeaux, 9-14 Sept., 1990), Vol. 1, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P., pp. 151-160.
- Naik R. L. et Dumbre R. B. (1984) Effect of some vegetable oils used in protecting stored cowpea on biology of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae). *Bull. Grain Technol.* **22**(1), 25-32.
- Navarro S., Donahaye E., Rindner M. et Azrielli A., (1990) Airtight storage of grain in plastic structures. *Ifassadeh Quart.* **1**(2), 85-88.
- Nwanze K. F. et Horber E. (1976) Seed coats of cowpeas affect oviposition and larval development of *Callosobruchus maculatus*. *Environ. Entomol.* **5**(2), 213-218.
- Nwanze K. F., Horber E. et Pitts C. W. (1975) Evidence for ovipositional preference of *Callosobruchus maculatus* for cowpea varieties. *Environ. Entomol.* **4**(3), 409-412.
- Ofuya T. I. (1986) Use of wood ash, dry chilli pepper fruits and onion scale leaves for reducing *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) damage in cowpea seeds during storage. *J. Agric. Sci., Camb.* **107**, 467-468.
- Pajni H. R. (1990) Status of *Uscana muskerjii* (Marri) in the biocontrol of bruchids (Trichogrammatidae: Hymenoptera). In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prot.* (Bordeaux, Sept. 1990), Vol. II, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P., pp. 1279-1280.

- Pajni H. R. et Gill M. (1990) Use of new pesticides of plants origin for the control of bruchids. In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prot.* (Bordeaux 9-14 Sept. 1990), Vol. III, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P., pp. 1671-1678.
- Pereira J. (1983) The effectiveness of six vegetable oils as protectants of cowpeas and bambarra groundnuts against infestation by *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 19(2), 57-62.
- Piergiovanni A. R., Sonnante G., Della Gatta C. et Perrino P. (1991) Digestive enzyme inhibitors and storage pest resistance in cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. *Euphytica* 54, 191-194.
- Pierrard G. (1984) Management and control of insect pests of stored grain legumes. In *Proc. Int. Workshop on IPC for Grain Legumes* Goiania, Goias (Brésil), 3-9 avril 1983, pp. 276-286.
- Poleman T. T. (1975) World food: A perspective. *Science* 188, 510-518.
- Prevett P. F. (1961) Field infestation of cowpea (*Vigna unguiculata*) pods by beetles of the families Bruchidae and Curculionidae in Northern Nigeria. *Bull. Entomol. Res.* 52, 635-645.
- Rajapakse R. (1990) The effect of four botanicals on oviposition and adult emergence of the pulse beetle *Callosobruchus maculatus*. In *Proc. 5th Int. Work. Conf. on Stored-Prod. Prot.* (Bordeaux 9-14 Sept., 1990), Vol. III, Paris, Fleurat-Lessard F. et Ducom P., pp. 1679-1680.
- Redden R. J., Dobie P. et Gatehouse A. M. R. (1983) The inheritance of seed resistance to *Callosobruchus maculatus* (F.) in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) 1. Analysis of parental, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> and backcross seed generations. *Aust. J. Agric. Res.* 34, 681-695.
- Rojas-Rousse D., Kalmes R., Combescot C., Eslami J. et Gomez-Alvarez L. (1988) Bilan nutritionnel au cours du développement de l'ectoparasite grégaire *Dinarmus vagabundus* et du solitaire *Dinarmus basalis*. *Entomol. Exp. Appl.* 46, 63-70.
- Schoonhoven A. V. (1978) Use of vegetable oils to protect stored beans from bruchid attack. *J. Econ. Entomol.* 71(2) 254-256.
- Seck D. et Gaspar Ch. (1992) Efficacité du stockage du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en fûts métalliques hermétiques comme méthode alternative de contrôle de *Callosobruchus maculatus* (Col. Bruchidae) en Afrique sahélienne. *Meded. Fac. Landbouwwet. Rijkuniv., Gent.* 57/3a, 751-758.
- Seck D., Sidibe B., Haubruge E. et Gaspar Ch. (1991a) La protection des stocks de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en milieu rural: Utilisation de différentes formulations à base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) provenant du Sénégal. *Meded. Fac. Landbouwwet. Rijkuniv. Gent.* 56/3b, 1217-1224.
- Seck D., Sidibe B., Haubruge E., Hemptinne J. L. et Gaspar Ch. (1991b) La protection chimique des stocks de niébé et de maïs contre les insectes au Sénégal. *Meded. Fac. Landbouww. Rijkuniv. Gent.* 56/3b, 1225-1233.
- Shekib L. A., El-Iraqi S. M. et Abo-Bakr T. M. (1988) Studies on amylase inhibitors in some Egyptian legumes seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 38, 325-332.
- Singh B. B., Singh S. R. et Adjadi O. (1985) Bruchid resistance in cowpea. *Crop Sci.* 25, 736-739.
- Singh R. P. (1986) Comparison of antifeedant efficacy and extract yields from different parts and ecotypes of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) trees. In *Natural Pesticides from the Neem Tree and Other Tropical Plants. Proc. 3rd Int. Neem Conf.* (Nairobi, 10-15 juillet 1986) (Edited by Schmutterer H. et Ascher K. R. S) pp. 185-194. Eschbom.
- Singh S. R. (1977) Cowpea cultivars resistant to insect pests in world germplasm collection. *Trop. Grain Legume Bull.* 9, 3-7.
- Singh S. R. (1987) Host plant resistance for cowpea insect pest management. *Insect Sci. Applic.* 8, 765-769.
- Singh S. R. (1990) *Insect Pests of Tropical Food Legumes*. Chichester, Wiley.
- Singh S. R. et Jackai L. E. N. (1985) Insect pests of cowpeas in Africa: Their life cycle, economic importance and potential for control. In *Cowpea Research. Production and Utilization* (Edited by Singh S. R. et Rachie K. O.), pp. 217-231. London, Wiley.
- Singh S. R., Jackai L. E. N., Dos Santos J. H. R. et Adalla C. B. (1990) Insect pests of cowpea. In *Insect Pests of Tropical Food Legumes* (Edited by Singh S. R.), pp. 43-49, Chichester, Wiley.
- Singh S. R., Luse R. A., Leuschner K. et Nangju D. (1978) Groundnut oil treatment for the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) during cowpea storage. *J. Stored Prod. Res.* 14, 77-80.
- Storey C. L. (1975) Mortality of adult stored-product insects in an atmosphere produced by an exothermic inert atmosphere generator. *J. Econ. Entomol.* 68(3), 3163-18.
- Storey C. L. (1978) Mortality of cowpea weevil in a low-oxygen atmosphere. *J. Econ. Entomol.* 71(5), 833-835.
- Su H. C. F. (1977) Insecticidal properties of black pepper to rice weevils and cowpea weevils. *J. Econ. Entomol.* 70(1), 18-21.

- Su H. C. F. et Horvat R. (1981) Isolation, identification and insecticidal properties of *Piper nigrum* amides. *J. Agric. Food Chem.* 29(1), 115-118.
- Su H. C. F. et Horvat R. (1987) Isolation and characterization of four major components from insecticidally active lemon peel extract. *J. Agric. Food Chem.* 35(4), 509-511.
- Su H. C. F., Speirs R. D. et Mahamy P. G. (1972) Citrus oils protectants of black-eyed peas against cowpea weevils: Laboratory evaluation. *J. Econ. Entomol.* 65(3), 1433-1436.
- Swamiappan M., Jayaraj S., Chandy K. C. et Sundaramurthy V. T. (1976) Effect of activated kaolinitic clay on some storage insects. *Z. angew. Entomol.* 80, 385-389.
- Viaud P. (1983) La protection des légumineuses contre les bruches: *Vigna unguiculata* et *Callosobruchus maculatus*. *Bull. Soc. Entomol. Fr.* 88, 241-249.
- Wilkin D. R. et Green A. A. (1970) Polythene sacks for the control of insects in bagged grain. *J. Stored Prod. Res.* 6, 97-101.
- Wolfson J. L., Shade R. E., Mentzer P. E. et Murdock L. L. (1991) Efficacy of ash for controlling infestations of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpeas. *J. Stored Prod. Res.* 27(4), 239-243.
- Xavier-Filho J., Campos F. A. P., Ary M. B., Peres Silva C., Carvalho M. M. M., Macedo M. L. R., Lemos F. J. A. et Grant G. (1989) Poor correlation between the levels of proteinase inhibitors found in seeds of different cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata*) and the resistance/susceptibility to predation by *Callosobruchus maculatus*. *J. Agric. Food Chem.* 37, 1139-1143.
- Yadava R. L. (1971) Use of essential oil of *Acorus calamus* L. as an insecticide against the pulse beetle, *Bruchus chinensis* L. *Z. angew. Entomol.* 68, 289-294.
- Yadava S. R. S. et Bhatnagar K. N. (1987) A preliminary study on the protection of stored cowpea grains against pulse beetle, by indigenous plant products. *Pesticides* août 87, 25-29.
- Zehrer W. (1980) Méthodes traditionnelles de lutte contre les insectes dans le cas de la protection des stocks. Problèmes de post-récolte (113)—Documentation sur un séminaire OUA/GTA: 92-118.
- Zehrer W. (1984) L'effet des substances de conservation traditionnelles utilisées dans le nord du Togo et de l'huile de nim pour le contrôle des parasites de stockage. In *Résumés de la Deuxième Conférence sur l'Arbre de Nim, Rauschholzhausen*, République Fédérale d'Allemagne 25-28 mai, 1983, pesticides naturels de l'arbre de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) et des autres plantes tropicales, Eschborn.