

PROCEEDINGS OF THE  
FIFTH INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE  
ON STORED - PRODUCT PROTECTION

VOLUME I

Bordeaux, France, September 9-14, 1990

LUTTE PREVENTIVE ET CURATIVE A L'EGARD DE  
*Sitophilus zeamais* Motsch. (Col., Curculionidae)

RODRIGUEZ-COBOS, C.\* , SCHIFFERS, B.C.\*\* , HAUBRUGE, E.\* ,  
VERSTRAETEN, Ch.\* & ABDELMOULA, A.\*\*

\* Unité de Zoologie générale et appliquée,  
\*\* Unité de Chimie Analytique et Phytopharmacie,  
Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux,  
Passage des Déportés, 2  
B-5030 Gembloux (Belgium).

ABSTRACT

The efficiency of several organophosphorous and pyrethroids were tested against *S.zeamais* for curative and preventive control. Pirimiphos-methyl, deltamethrin and fenitrothion are the most effective of the 8 insecticides as a protectant against Maize Weevil. For this stored-product beetle, the organophosphorous are more toxic than the pyrethroids. A mixture of deltamethrin and pirimiphos-methyl applied respectively at 0.25-0.5 ppm and 5-7.5 ppm gave a protection from insect damage over a storage of 19 weeks for maize harvested. The organophosphorous would be effective in controlling all the tested insect populations, and the deltamethrin effective in controlling other species as *Prostephanus truncatus*.

1. INTRODUCTION

Le Charançon du maïs, *Sitophilus zeamais* Motsch., est un ravageur très répandu dans les zones subtropicales et tropicales. Il cause d'importants dégâts dans le maïs stocké sous forme de spathes ou de grains.

En raison des dangers que présente pour l'utilisateur la lutte chimique et de l'apparition de phénomènes de résistance chez de nombreuses espèces de coléoptères et de lépidoptères, la tendance actuelle est de s'orienter progressivement vers l'utilisation de nouveaux insecticides, aux caractéristiques physiques et chimiques intéressantes pour la protection des stocks. A cet égard, THOMAS *et al.* (1987) mentionnent le pyrimiphos-méthyl, le chlorpyrifos-méthyl, l'étrimphos et le fenitrothion comme étant des organophosphorés aux propriétés de remanence particulièrement intéressantes. De plus, certains pyréthrinoïdes de synthèse, comme la deltaméthrine et la bioresméthrine, sont homologués dans divers pays pour la lutte contre les insectes des grains stockés, aux doses de 1 et 1.5 ppm.

On distingue, parmi les traitements phytosanitaires réalisés pour la protection chimique des denrées entreposées, deux types d'application: les traitements préventifs, dont le but est d'empêcher l'installation des ravageurs au

niveau du grain, et les traitements curatifs dont le but est de détruire les insectes présents dans le stock à leurs différents stades de développement.

Dans ce travail, nous avons comparé l'efficacité de plusieurs organophosphorés et pyréthrinoïdes, seuls ou associés, tant en lutte préventive qu'en lutte curative contre le Charançon du maïs.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Les insectes

L'élevage des insectes, ainsi que le conditionnement des grains de maïs avant et après traitements, a été réalisé à l'obscurité dans des enceintes maintenues à une température constante de  $27^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , et une humidité relative de  $70 \pm 2\%$ . La souche de *S.zeamais* est originaire du Shaba (Zaïre), et l'absence de contact antérieur avec un produit pesticide permet de considérer a priori le niveau de résistance aux pesticides à tester comme nul. Les adultes d'âge connu (entre 1 et 14 jours), utilisés pour les tests de sensibilité aux matières actives ou les essais d'efficacité, sont produits par tamisages successifs des grains infestés.

### 2.2. Matériel végétal

*S.zeamais* est élevé sur maïs non traité et non infesté (cv. "Indurata"). L'humidité des grains à l'équilibre est de 13.5 % et le poids de mille grains est de 270.5 g.

### 2.3. Insecticides: types, doses et traitements envisagés

#### a) Détermination des CL50 et CL90

Pour la détermination des CL50 et CL90, les pesticides utilisés sont des concentrés émulsionnables (EC): soit pour les organophosphorés, le MALATHYNE 25 à 250 g/l de malathion, le NEXION 25 à 250 g/l de bromophos, l'ACTELLIC 50 à 500 g/l de pyrimiphos-méthyl et le FOLITHION 50 à 500 g/l de fénitrothion d'une part; d'autre part, pour les pyréthrinoïdes, le BAYTHROID 050 (à 50 g/l de cyfluthrine), le KARATE (à 50 g/l de l-cyhalothrine), la K-OTHRINE GRAINS (à 25 g/l de deltaméthrine) et le TALSTAR (à 100 g/l de bifenthrine). L'expérience de traitements antérieurs (SCHIFFERS *et al.* 1987) a montré que, sur de petits lots de grains, la répartition de formulations liquides était supérieure à celles de formulations en poudre.

#### b) Traitements préventifs

La persistance d'action d'un traitement préventif a été évaluée sur 19 semaines. Cinq fois 4 kg de maïs sont traités à l'aide d'échantillons-mélanges de poudres à poudrer de deltaméthrine - pyrimiphos-méthyl (échantillon A : 0.1% - 1% aux doses de 0.1 + 1 ppm et 0.5 + 5 ppm; échantillon B : 0.05% - 1.5% aux doses de 0.05 ppm - 1.5 ppm et 0.25 ppm - 7.5 ppm). Les lots de maïs traités aux différentes doses sont stockés dans des sacs en papier kraft hermétiquement fermés. Un lot témoin, non traité, de 4 kg est conservé dans des conditions identiques.

Après des temps bien déterminés, 4 fois 50 g de chacun de ces lots ont été prélevés pour pouvoir être infestés par 25 insectes de *S.zeamais*: la mortalité des insectes y est observée.

#### c) Traitements curatifs

Une infestation préalable des grains est nécessaire. D'un côté, 8 lots de 3 kg sont infestés avec 100 femelles et 50 mâles âgés de 1 à 21 jours; d'un autre côté 40 kg de maïs, placés dans un récipient hermétique de 62 l sont infestés par 1333 femelles et 637 mâles du même âge. Ce sex-ratio (2/1) assure une bonne fécondité de la population (DOBIE, 1974). Au 21ème jour d'infestation, les insectes sont séparés des grains, sauf pour le lot de 40 kg destiné à la fumigation. Le taux minimum d'infestation avant traitements est de 44.2 %.

Pour les traitements insecticides, 4 des lots infestés sont traités et 4 autres serviront de témoins; le malathion a été utilisé à la dose de 8 ppm, le pyrimiphos-méthyl à 4 ppm, la cyfluthrine à 1 ppm en formulations EC, et la deltaméthrine, en poudre à poudrer titrant 0.2%, à la dose de 2 ppm.

Enfin, pour le traitement curatif par fumigation au phosphore d'aluminium, 0.4 g d'un comprimé (PHOSTOXIN) a été déposé dans les grains de maïs infestés; le récipient est ensuite placé à une température extérieure de 8-12°C pendant 10 jours. Le dégazage est réalisé en transvasant les grains dans deux récipients qui sont laissés ouverts à l'air libre pendant 24 heures.

### 2.4. Application des insecticides sur les grains

Pour chacune des doses de matière active à tester en vue d'établir la courbe de régression des mortalités, un kilo de grains de froment nettoyés, est introduit dans une sphère en verre animée d'un mouvement de rotation qui assure leur brassage énergique. Les grains en mouvement sont pulvérisés par 10 ml d'une émulsion de titre connu. La conformité des dépôts obtenus a été contrôlée par chromatographie en phase gazeuse.

Pour les poudres, le maïs a été enrobé à sec à l'aide d'un appareil mélangeur (TURBULA) assurant une bonne dispersion de la poudre à la surface des grains de maïs.

### 2.5. Bioessais: contrôle et mesure des mortalités

Pour chaque traitement considéré, 4 lots de 100 g de grains traités à chacune des doses et 4 lots identiques de grains témoins sont mis en flacon et conservés en étuve à 27°C et 70% H.R. Ils sont ensuite infestés par 25 individus non sexés et âgés de 1 à 14 jours. Les insectes morts et vivants sont dénombrés après 7 jours de contact avec les grains traités. La mortalité observée (Mo) est exprimée en mortalité corrigée (Mc), tenant compte de la mortalité naturelle chez les témoins (Mt) selon la formule suivante (formule d'ABBOTT):  $Mc (\%) = 100 \cdot [(Mo - Mt) / (100 - Mt)]$ .

## 3. RESULTATS

### 3.1. Détermination des CL50 et CL90

Les doses sont d'abord exprimées en logarithmes (FINNEY, 1971), puis en valeurs "probit" pour linéariser la relation entre les mortalités corrigées (Y) et le logarithme des doses. Les valeurs de la transformation "probit" des mortalités corrigées peut être trouvées dans les tables de FISHER et YATES (1964, TABLE IX).

Les courbes de régression ont donc pour équation générale: "Probit  $Y = a - b \cdot \log_{10}(\text{doses en ppm})$ ", avec  $a$ : ordonnée à l'origine, et  $b$ : pente de la droite probit. Ces paramètres " $a$ " et " $b$ ", ainsi que les valeurs de CL50 pour les différents couples "matière active-insecte" sont présentés dans le tableau I. Pour tester si la droite probit est une bonne représentation de la relation, on procède à un test  $X^2$ .

TABLEAU I - Par couple "matière active-insecte" : ordonnée à l'origine ( $a$ ) et pente de la droite probit ( $b$ ) avec leur écart-type respectif, valeur du  $X^2$  issu de l'ajustement (n.s.: valeur non significative ou ajustement acceptable), CL50 en ppm avec son intervalle de confiance ( $P < 0.05$ ) et CL90 en ppm avec son intervalle de confiance ( $P < 0.05$ )

MATIERES ACTIVES	CL50	Intervalle de confiance	CL90	Intervalle de confiance	a	b	X <sup>2</sup>
<b>1. Organophosphorés</b>							
Malathion	0,39	0,36-0,41	0,58	0,54-0,63	5,46	7,37	1,95
Bromophos	2,43	2,22-2,72	4,69	3,94-6,06	4,44	4,49	2,56
Pyrimiphos-méthyl	0,42	0,31-0,56	0,59	0,42-0,86	5,45	8,66	9,32
Fenitrothion	0,32	0,28-0,38	0,55	0,44-0,69	5,06	5,64	12,37
<b>2. Pyréthrinoides</b>							
Bifenthrine	0,72	0,53-0,97	2,93	1,79-9,35	5,30	2,1	2,57
Cyfluthrine	0,61	0,47-0,86	1,91	1,22-4,95	5,56	2,56	2,91
Deltaméthrine	0,17	0,14-0,21	0,38	0,30-0,57	7,86	3,75	0,26
Lambda-cyhalothrine	1,31	0,97-2,02	7,32	3,94-24,23	4,80	1,71	7,92

### 3.2. Lutte préventive: tests de persistance d'efficacité

Le tableau II reprend les résultats, pour 19 semaines, des tests de persistance d'efficacité à l'égard de *S. zeamais* des divers mélanges de deltaméthrine et pirimiphos-méthyl: ils sont exprimés en mortalités corrigées.

TABLEAU II - Mortalités corrigées observées (moyennes de 4 répétitions) durant 19 semaines pour divers traitements préventifs. Les chiffres (x) représentent la mortalité après 2 jours (d: deltaméthrine; p: pirimiphos-méthyl).

DUREE (en semaine)	DOSES (en ppm)							
	Mélange A				Mélange B			
	0,1 D + 1 P		0,5D + 5P		0,05D + 1,5 P		0,25D + 7,5P	
0	(64)	100	(87)	100	(73)	99	(87)	100
1	(72)	100	(100)	100	(94)	100	(99)	100
3	(3)	96	(86)	100	(60)	100	(57)	100
5	(32)	100	(95)	100	(50)	100	(98)	100
7	(5)	83	(100)	100	(16)	100	(100)	100
9	(39)	96	(100)	100	(62)	99	(97)	100
11	(3)	70	(100)	100	(8)	92	(71)	100
13	(27)	33	(100)	100	(46)	100	(99)	100
15	(8)	55	(94)	100	(24)	83	(83)	100
17	(2)	18	(89)	100	(1)	54	(32)	100
19	(0)	12	(88)	100	(0)	28	(39)	99

### 3.3. Efficacité des traitements curatifs

Un comptage des émergences dans les trois témoins correspondant à chaque traitement est réalisé 8, 15, 22 et 29 jours après le traitement. Les lots traités sont dépouillés après 29 jours par tamisage; les insectes morts sont comptés alors que les insectes restés vivants sont remis sur du maïs sain pour observer leur évolution.

Une autre catégorie d'insectes a été observée: ce sont les insectes qualifiés de "perturbés par l'insecticide": ils se déplacent plus lentement que les individus sains et sont parfois retournés sur le dos.

a) Pour les insecticides de contact

Les résultats figurent dans le tableau III.

b) Pour le traitement par fumigation

La première constatation est la mortalité des 2000 insectes infestant les grains. A part ces individus morts, aucun autre insecte n'a été recensé: ceci signifie qu'aucun imago n'a émergé des grains alors que chez les témoins nous avons observé de nouvelles générations. La méthode radiographique (rayons X) permet de mettre en évidence la présence de formes cachées à l'intérieur des grains. Deux clichés sont réalisés avec des temps de pose de 60 secondes et de 90 secondes. Les formes endogées, ayant bénéficié d'une période largement supérieure au cycle biologique n'ont donc pas poursuivi leur développement après le traitement. Il apparaît donc que tous les stades de l'insecte ont été détruits par la PHOSTOXIN, aussi bien les adultes apparents que les formes cachées.

TABLEAU III - Action de la cyfluthrine, de la deltaméthrine, du malathion et du pyrimiphos-méthyl sur les adultes *S.zeamais* émergeant des grains (30 jours après le traitement).

INSECTICIDE	DOSE (en ppm)	Mortalité des adultes émergés (en %)	Taux de réduction d'émergence (en %)	Taux de vitalité (en %)
Cyfluthrine	1	0,91	4,36	67,28
Deltaméthrine	2	47,89	29,24	42,57
Malathion	8	67,26	54,51	10,91
Pyrimiphos-méthyl	4	94,64	55,36	2,36

## 4. DISCUSSIONS

### 4.1. Lutte préventive

Parmi les 8 insecticides testés, la deltaméthrine et le fénitrothion sont les plus efficaces à l'égard de *S.zeamais*. Viennent ensuite par ordre décroissant d'efficacité: le malathion > le pyrimiphos-méthyl > la cyfluthrine > la bifenthrine > le bromophos > la lambda-cyhalothrine.

En effet, l'activité du bromophos et de la lambda-cyhalothrine sur cet insecte est moins marquée que celle des autres insecticides mentionnés plus haut: on observe un écart significatif de leur DL50 par rapport à ceux des trois autres organophosphorés, et des trois autres pyréthrinoides.

L'observation des résultats montre également que *S.zeamais* est plus sensible aux organophosphorés qu'aux pyréthrinoides comme l'ont aussi constaté DAVIES (1985) et DESMARCHELIER (1977) qui rapportent que les insecticides organophosphorés (dichlorvos, malathion, fénitrothion et pyrimiphos-méthyl) sont particulièrement efficaces contre les trois espèces de *Sitophilus*.

EVANS (1985) fit des tests en laboratoire, en utilisant des populations de *S.zeamais*, pour mesurer l'efficacité et la stabilité du pyrimiphos-méthyl, fénitrothion, étrimphos, de la perméthrine et deltaméthrine au niveau de la protection des céréales contre ce ravageur. Il constata que parmi tous les insecticides testés, la deltaméthrine à 1 ppm fut la plus efficace. WEAVING (1975) a testé les doses létales moyennes de 5 insecticides sur *S.zeamais* élevés sur maïs et sur sorgho. Le plus efficace fut le fénitrothion suivi par le fenthion, l'iodofenphos, le tétrachlorvinphos et les pyréthrines. Le fénitrothion appliqué sur le maïs et le sorgho à 8 ppm, le pyrimiphos-méthyl appliqué sur le maïs à 5 ppm et le phenthoate à 4 ppm sur maïs, ont montré une très bonne efficacité et une persistance d'action pendant 12 mois.

Quant à BITRAN *et al.* (1980) qui évaluèrent l'efficacité de la deltaméthrine sur des stocks de maïs et de café contre les adultes de *S.zeamais*, ils remarquèrent que la deltaméthrine, appliquée à la dose de 1 ppm, permet une protection totale de ceux-ci pendant 9 mois.

La deltaméthrine et le pyrimiphos-méthyl, lorsqu'ils sont appliqués en mélange aux doses respectives de 0,5ppm et 5 ppm ou de 0,25ppm et 7,5 ppm, offre une protection de longue durée (19 semaines) contre le Charançon du maïs. Mais, on remarque que pour les mêmes mélanges de ces matières actives aux doses de 0,1 ppm + 1 ppm et de 0,05 ppm + 1,5 ppm, l'efficacité commence à diminuer dès la septième et la onzième semaine respectivement.

Si on observe la proportion de la deltaméthrine et du pyrimiphos-méthyl qui forment ces derniers mélanges, on peut se rendre compte que l'action du pyrimiphos-méthyl pourrait avoir un effet synergique, puisque, malgré la présence de la deltaméthrine à la dose réduite de moitié (0,05 ppm), l'efficacité du mélange ne diminue pas avant la onzième semaine; un supplément de 0,5 ppm de pyrimiphos-méthyl renforcerait l'efficacité du mélange pendant quatre semaines.

Selon GOLOB (1985) et HAUBRUGE *et al.* (1987), le mélange d'un insecticide pyréthrinoides avec un organophosphoré s'avère nécessaire pour contrôler efficacement *S.zeamais* et *Prostephanus truncatus* Horn (Col., Bostrychidae).

EVANS (1985) remarqua qu'un mélange de perméthrine et de pyrimiphos-méthyl appliqué aux doses respectives de 4 ppm et 1 ppm offre un contrôle efficace vis-à-vis du Charançon du maïs.

### 4.2. Lutte curative

L'observation des résultats permet de classer les insecticides testés par ordre décroissant d'efficacité contre *S.zeamais*: le phosphore d'aluminium > le pyrimiphos-méthyl > le malathion > la deltaméthrine > la cyfluthrine.

Le phosphore d'aluminium apparaît être le produit le plus efficace, la mortalité des insectes dans les grains atteignant 100%. Le phosphore d'hydrogène agit comme insecticide et atteint aussi les stades larvaires qui se développent à l'intérieur des grains. Ces formes endogènes n'ont pas donné lieu à l'apparition d'imagos. Il faut toutefois émettre des réserves quant à l'utilisation du phosphore d'aluminium pour lutter curativement contre *S.zeamais*. En effet, depuis plus d'une vingtaine d'années le nombre d'espèces et de souches d'insectes résistants ne cesse d'augmenter. TAYLOR (1989) constate que la résistance au phosphore d'aluminium est presque généralisée pour *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Col., Tenebrionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col., Bostrychidae) et *S.zeamais*.

Le pyrimiphos-méthyl offre un taux de réduction des émergences très élevé qui serait lié à la rapidité d'action de la matière active sur les insectes. Le malathion est responsable d'une mortalité assez élevée (87,3%); le taux de réduction de la population d'insectes dans les lots de grains traités par rapport aux témoins est de 54,5%.

Le manque d'efficacité des différents insecticides de contact à l'égard de *S.zeamais* serait du à la présence, chez ce ravageur, de larves endogènes. Seuls les premiers stades larvaires (1ère et 2ème semaine), proches de la surface des grains, est affectées par l'insecticide.

La cyfluthrine apparaît comme la matière active la moins efficace par rapport aux trois autres. Les résultats montrent clairement que *S.zeamais* n'est pas sensible à la cyfluthrine appliquée en traitement curatif à la dose de 1 ppm.

La deltaméthrine est responsable d'une mortalité qui reste inférieure à 50%. On sait par ailleurs (DUCOM, 1987) qu'elle est plus active à basse température.

(en hiver) et sur grains humides (> 16%). Or, dans les conditions expérimentales, la température est fixée à 27°C et les grains ont une teneur en eau de 13,33%.

A côté des individus morts, des insectes vivants mais perturbés par l'insecticide ont été dénombrés lors du dépouillement des lots de grains traités. Ces insectes se déplacent très difficilement. Toutefois, lorsqu'ils sont remis sur des grains sains, ils restent en vie et donnent naissance à une descendance. Les enzymes de détoxification (estérases et monooxygénases) neutralisent certainement les insecticides, présents dans le corps de l'insecte, en les métabolisant.

## 5. CONCLUSIONS

Parmi tous les insecticides testés, les organophosphorés comme le pyrimiphos-méthyl et le fenitrothion sont les plus efficaces pour lutter préventivement et curativement contre le Charançon du maïs.

Bien que *S.zeamais* soit, d'une manière générale, plus sensible aux organophosphorés qu'aux pyréthrinoïdes, la deltaméthrine offre également une très bonne protection préventive à l'égard de ce prédateur dont la souche étudiée est originaire du Shaba (Zaïre).

Afin d'éviter l'apparition de nouvelles souches d'insectes résistants à ces nouveaux insecticides, il serait intéressant d'utiliser la deltaméthrine et le pyrimiphos-méthyl en mélange. En effet, l'association de l'effet "Knock Down" des pyréthrinoïdes et de l'action retardée sur le système nerveux des organophosphorés donne peu de possibilités à l'insecte de développer une résistance physiologique, biochimique ou comportementale à l'égard de l'un de ces deux pesticides.

De plus, leur association permet une meilleure protection des stocks de denrées contre toute une série d'autres prédateurs comme *P.truncatus*, *Sitophilus oryzae* (L.), *R.dominica* et *T.casianum*.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Mme L. Roland, Centre de Phytopharmacie, pour son aide lors de la réalisation des contrôles par CPG. Ils remercient les firmes BAYER, CHIMAC-AGRIPHAR, F.M.C., I.C.L. et plus spécialement MM. Duguet et Thewis de ROUSSEL-UCLAF pour la fourniture des mélanges insecticides. Merci à M. F. Genette pour sa collaboration lors de la préparation de cet article.

## 6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BITRAN, E.A., CAMPOS, T.B. et OLIVERIA, D.A. (1980). - Evaluation of the residual persistence of insecticides on corn and coffee protection during storage - 2 - pyrethroids. Biologico, 46, 45-57.

DESMARCHELIER, J.M. (1977). Selective treatments including combination of pyrethroid and organophosphorus insecticides for control of stored product coleoptera at two temperatures. J. stored Prod. Res., 13, 129-137.

DOBIE, P. (1974). The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Col., curculionidae). J. stored Prod. Res., 10, 183-197.

EVANS, N.J. (1985). The effectiveness of various insecticides on some resistant beetle pest of stored products from Uganda. J. stored Prod. Res., 21, 2, 105-109.

FINNEY, D.J. (1947). Probit analysis. A statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge University Press: 256 p.

GOLOB, P., CHAJJARCEY, P., AHXED, A. et COX, J. (1985). Susceptibility of *Prostephanus truncatus* to insecticides. J. stored Prod. Res., 21, 141-150.

TAYLOR, R.W.D. (1989). - Phosphine - A major grain fumigant at risk. International Pest Control, 31, 10-14.

THOMAS, K.P., PINNINGER, D.B. et WILKIN, D.R. (1987). An assessment of chlorpyrifos-methyl, etrimphos, fenitrothion and pyrimiphos-methyl as grain protectants. Pestic. Sci., 21, 57-72.

SCHIFFERS, B.C., FRASELLE J., HAUBRUGE E. et VERSTRAETEN Ch. (1987). Etude de la persistance d'efficacité de quelques insecticides à l'égard de trois coléoptères des denrées entreposées (*Acanthoscelides obtectus* Say (Bruchidae), *Trogoderma granarium* Everts (Dermestidae) et de *Prostephanus truncatus* Horn. (Bostrichidae)). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 52, 507-514.

WEAVING, A.J.S. (1975). Grain protectants for use under tribal storage conditions in Rhodesia-I. comparative toxicities of some insecticides on maize and sorghum. J. stored Prod. Res., 11, 65-70.