



LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES RAVAGEURS
ET SES POSSIBILITES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Compte Rendu du Séminaire qui a eu lieu
du 9-13 février 1981 à Dakar, Sénégal

USAID PROJET 625-0928 PHASE II
PROTECTION DES CULTURES VIVRIERES

1

TABLE DE MATIERES

Remerciements		v
Préface	C. Castleton	vi
<u>CHAPITRE I:</u>	<u>INTRODUCTION</u>	
	"Aperçu de la lutte biologique contre les ravageurs des Cultures et des Produits Agricoles" G. PIERRARD	1.
<u>CHAPITRE II:</u>	<u>ASPECT INTERNATIONAL DE LA LUTTE BIOLOGIQUE</u>	
	"Une introduction sur le programme de lutte biologique du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis" John J. Drea, Jr.	21.
	"La Lutte biologique au G.E.R.D.A.T" J. Brenière	28.
	"GTZ-Projets de protection des végétaux et des cultures après récolte, de par le monde" Carlos Klein-Koch and Ludwig Luchtrach	49.
	"L'organisation Internationale de lutte biologique (OILB)" Abel Lebron MBiele	55.
	"Departement de lutte biologique des Bureaux Agricoles du Commonwealth (BAC), associé à l'Agriculture mondiale" Fred D. Bennett.	63.
	"Lutte biologique contre les ravageurs du Sorgho et du Mil perle en Afrique de l'Ouest." R.T. Gahukar	74.
	"Recherches actuelles de l'IITA sur la lutte biologique appliquée plus particulièrement à la Cochenille du manioc (<u>Phenacoccus manihoti</u> MAT-FER)" Hans R. Herren	84.
	"Role du Controle biologique dans l'organization et la mise en oeuvre du projet de lutte intégrée" Jean Tetefort	89.
<u>CHAPITRE III:</u>	<u>LES SUJETS D'INTERET A L'AGRICULTURE SAHELIENNE</u>	
	"Les borers des tiges des céréales en Afrique de l'Ouest Sahélienne: importance relative et controle". K.F. NWANZE	108.

- "Le ralentissement du développement primaginal
d'Ephestia kuehniella Zell. (Lepi Pyralidae)
J. Voegele et al. 116.
- "L'emploi des pathogènes d'insectes dans la lutte
intégrée contre les ravageurs"
Jerry Fowler 133.
- "Application aeriennne de Bacillus thuringiensis"
Mohamed E.M. Habib 160
- "Lutte biologique contre les mauvaises herbes:
Possibilités pour l'Afrique de l'Ouest"
B. David Perkins 170.
- "l'importance de Nosema locustae dans la lutte
contre les sauteriaux"
J.E. Henry 180.
- " Contraintes d'ordre taxonomique dans l'utilisation
des apanteles sp (Hym: Braconidae)
B. Sigwalt 195.

CHAPITRE IV. LES PROJETS DE LUTTE BIOLOGIQUE AU SAHEL

- "La lutte biologique contre la cochenille blanche du
palmier-dattier en Mauritanie"
Max de Montaigne and
Fall Ahmed Maouloud 197.
- "Rapport de synthèse sur la lutte biologique contre la
Cochenille blanche Parlatoria blanchardi du Palmier-
Dattier au NIGER".
Mounkaila Maiguizo 210.
- "Les possibilités de lutte biologique contre les
nematodes phytoparasites en Afrique de l'Ouest"
Georges Reverset 230.
- "Strategies dans la lutte contre les principaux
ravageurs au Cap-Vert" Carlos Brito 236.

CHAPITRE V. DISCOURS CLEF

- "Les étapes vers le succès" John J. Drea, Jr. 238.

CHAPITRE VI. DISCOURS DE CLOTURE

- "Qu'allez-vous faire la semaine prochaine"
John A. Franklin 252.

Liste des participants 257.

Index Taxonomique 263.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos chaleureux remerciements au Dr. John J. Drea, Jr., qui fait partie du personnel de l'USDA, au Service Programme National d'Administration des Sciences et de l'Education, pour sa précieuse collaboration depuis le stade initial de planification jusqu'à la préparation du discours de clôture.

Nous avons tout particulièrement apprécié l'effort de tous les chercheurs pour partager leurs connaissances au moyen de présentations et de discussions, et la participation des représentants de nombreux organismes internationaux tels que l'USDA, la FAO, l'IITA, l'ICRISAT, le Bureau Phytosanitaire de l'OUA, le GTZ, le GERDAT, l'ORSTOM, le FAC, et l'Universidade Estadual de Campinas (Brésil)

Nos remerciements s'adressent aussi à l'UNESCO (Bureau Régional pour le Développement de l'Education en Afrique), pour avoir mis à notre disposition la salle de conférence et le dispositif de traduction simultanée que M. Diagne et Marie Aida Diop utilisèrent avec beaucoup de compétence. Amadou Lamine Ba a préparé l'exposition scientifique et Malick Sy a assuré le soutien logistique.

Nous remercions également tous ceux qui ont aidé à la traduction, notamment Patricia Dia, et Salwa Bourgi qui a assuré la frappe de nombreux documents, tant en anglais qu'en français.

La photographie du scarabée "dents de scie", Oryzaephilus surinamensis sur la couverture émane des Laboratoires RENTOKIL Ltd et a été fournie par la FAO.

PREFACE

La Conférence Annuelle de Formation du Projet Régional USAID portant sur la Protection des Végétaux a été élargie en 1981 pour comprendre la participation de chercheurs en agriculture et ce, dans le but d'accroître les échanges d'idées, entre les scientifiques et les responsables au sein des Ministères de l'Agriculture et du Développement Rural, sur les moyens naturels de lutter contre les insectes. Soixante-quatre participants de dix pays différents participèrent à cette réunion, y compris les directeurs des services de Protection des Végétaux de la plupart des pays du Sahel.

Le texte se limite malheureusement aux présentations scientifiques officielles. Les activités de la conférence telles que l'exposition dans le hall, les discussions sur tableaux de l'analyse coût/bénéfice, les questions et réponses approfondies ne sont pas encore à l'impression. Toutefois, la publication de ce texte aidera à ranimer la discussion nécessaire pour mieux utiliser les résultats de la recherche dans la formulation d'une politique de gestion des insecticides, et pour s'assurer que la recherche est menée de manière à répondre aux questions qui se posent aux responsables.

Dans la période qui se situe entre la Conférence et la publication, j'ai remarqué des efforts accrus d'essais sur le terrain de contrôle biologique dans divers pays du Sahel. Rien ne me satisferait davantage que de voir le texte ci-après devenir caduc du fait d'une recherche intensive en matière de lutte naturelle et de son application en stratégies pratiques pouvant être adoptées contre les insectes qui sévissent le plus en zone sahélienne.

APERCU DE LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE

LES RAVAGEURS DES CULTURES ET DES

PRODUITS AGRICOLES

par Dr. C. Pierrard, F.A.O.*

La lutte biologique. Qu'entend-on par cette appellation? Au sens large elle comprend toute les méthodes qui réduisent la nuisance des ravageurs à l'exclusion des pesticides chimiques et des moyens de lutte qui diminuent directement les populations de ravageurs présents; dans son sens large, la lutte biologique englobe la résistance variétale des végétaux, les aménagements de modification des habitats des ravageurs, l'utilisation des phéromones et des inhibiteurs de croissance. Au sens restreint du terme la lutte biologique comprend l'utilisation des ennemis naturels et la technique du lâché des mâles stériles ; c'est autour de ce sens restreint que gravitera principalement le présent colloque.

Le concept de lutte biologique n'est pas nouveau. Le premier rapport écrit d'utilisation d'ennemis naturels pour combattre un ravageur remonte à deux siècles et est relatif à l'habitude qu'avaient les cultivateurs de palmiers-dattiers, en Arabie, d'introduire dans les palmeraies des fourmis prédatrices pour contrôler les fourmis nuisibles. Mais gardons-nous, esprits scientifiques, que de ne connaître que ce qui est écrit, car il est bien certain que cette pratique remontait à des temps lointains. L'intérêt des entomologistes pour la lutte biologique n'est lui non plus pas récent. Ainsi en 1884, il fut créé à l'Université d'Odessa en Russie un laboratoire spécial pour la production de spores du champignon Metarrhizium anisopliae pour lutter en céréaliculture, contre l'insecte Anisoplia austriana ; en 1889, en Californie, il fut enregistré un remarquable succès dans la lutte contre la cochenille Icerya purchasi, ravageur des agrumes, par l'introduction de la coccinelle Rodolia cardinalis, cette cochenille ne redevint un problème qu'après que le DDT fut utilisé pour traiter les agrumes; vers 1911 eurent lieu en Thuringie en Allemagne, les premiers essais de lutte contre Ephestia kuehniella, ravageur des denrées; à l'aide de Bacillus thuringiensis ; en début de ce siècle, il était donné, au département d'entomologie du Massachusetts State College, un cours sur "Les ennemis des insectes".

Les recherches sur l'utilisation des ennemis naturels connurent un grand essor entre les deux guerres mondiales et puis cette méthode de lutte fut éclipsée par les pesticides de synthèse. L'homme devint alors, une fois encore, un apprenti sorcier, utilisant

* Projet CILSS " Recherche et Développement de la Lutte Intégrée contre les ennemis des principales cultures vivrières dans les pays du Sahel."

à grande échelle un procédé dont il ignorait qu'il ne l'avait pas encore maîtrisé.

D'aucuns invoquent la puissance de l'industrie des pesticides pour expliquer l'explosion de l'emploi des pesticides de synthèse, mais ne faut-il pas plutôt reconnaître que cette industrie a joué son rôle avec dynamisme, et que les scientifiques n'ont pas suffisamment joué le leur, car ce n'est que tardivement qu'ils s'inquiétèrent avec force d'effets néfastes de l'usage intensif des pesticides.

Pour illustrer un de ces aspects néfastes, je citerai une recette américaine donnée par P. de Bach, éminent spécialiste de la lutte biologique : "Prenez 2 Kg de DDT poudre mouillable 50% et mélangez les avec 400 litres d'eau. Avec un pulvérisateur manuel de 10 litres traitez les agrumes à raison de 1 à 2 litres par arbre, répétez l'opération chaque mois jusqu'à ce que l'arbre se défeuille ou meurt sous l'effet des attaques de la cochenille Aonidiella aurantii ; le nombre d'applications nécessaire est de 6 à 12".

La pullulation de la cochenille est due à la destruction de ses ennemis naturels. De cet exemple, il peut être tiré un enseignement, outre celui des conditions à connaître préalablement à l'emploi des pesticides chimiques, c'est que ceux-ci peuvent rendre service aux études en lutte biologique en permettant parfois de développer artificiellement une importante population de ravageurs sur laquelle pourra être testée l'action d'agents biologiques. Autre effet négatif des pesticides chimiques - ce qui ne minimise en rien les apports positifs qu'ils ont eus - c'est le développement de races de ravageurs résistants à ces pesticides. Dans le domaine de la lutte contre les insectes 182 cas de résistance aux insecticides étaient répertoriés en 1965 ; ils étaient 392 en 1978, alors que le nombre d'insecticides disponibles avait augmenté. C'est à cause de la résistance de la chenille défoliante Protoparce sexta que la culture du cotonnier a dû être abandonnée dans certaines zones du sud-ouest des Etats-Unis, aucun insecticide ne parvenant plus à contrôler ce lépidoptère.

Les échecs de la lutte chimique ont stimulé la recherche et le développement d'autres voies pour lutter contre les ravageurs, mais leur étude s'est révélée plus ardue que l'emploi des produits phytopharmaceutiques. La complexité pour aboutir à leur maîtrise a donné une impulsion aux études biologiques et écologiques approfondies qui ont permis dans certains cas d'enregistrer de remarquables succès de lutte par ces voies nouvelles et dans d'autres de corriger les schémas de lutte chimique ; il en est résulté que de thème passif la lutte intégrée - que maint entomologistes appliquaient avant sa définition - est devenu un thème actif, dont l'une des composantes importantes est la lutte biologique. Les principaux avantages que

présente la lutte biologique sont: le plus souvent, une spécificité élevée, absence de danger pour les utilisateurs, les consommateurs et l'environnement, effet résiduel long ou permanent de son action.

La lutte biologique a recours aux entomophages et aux entomopathogènes. Ces derniers comprennent les bactéries, les champignons, les virus, les protozoaires et les nématodes ; sauf pour les bactéries, le développement de leur application est, dans l'ensemble, moins avancé que l'utilisation des entomophages. C'est d'ailleurs dans la lutte contre les insectes que la lutte biologique s'est développée en premier lieu. Toutefois il serait souhaitable qu'un effort considérable soit fait par cette voie pour lutter contre les mauvaises herbes, car à ce jour les herbicides représentent en valeur 45% du marché des pesticides. Les entomophages comprennent les parasites et les prédateurs; les parasites se développent aux dépens d'un hôte unique, numériquement, alors que les prédateurs se nourrissent de plusieurs proies. La plupart des ravageurs des cultures sont attaqués par plusieurs espèces de parasites et de prédateurs. Dès lors se pose la question quel est ou quels sont les ennemis naturels qui doivent être choisis pour mener une étude de lutte biologique. L'époque des études au hasard ou en fonction d'observations fortuites doit être révolue. Il convient de mener une analyse préalable sérieuse des possibilités de l'utilisation des ennemis naturels et ceci suppose notamment:

1^o) Une connaissance approfondie de la bio-écologie du ravageur à combattre, pour connaître entre autre les moments de plus grande vulnérabilité des populations du ravageur, qui ne sont pas nécessairement les niveaux de faible population.

2^o) La connaissance économique des dégâts du ravageur à combattre et sa liaison avec les seuils limites acceptables des populations du ravageur.

3^o) La connaissance de la dynamique des populations de l'ensemble des ravageurs de la culture à laquelle on s'intéresse et les moyens actuels et à court terme qui doivent être mis en oeuvre pour amener l'ensemble de leurs niveaux de dégâts sous le seuil économique acceptable. Si l'emploi de pesticides chimiques ne peut être écarté, il sera peut-être préférable de choisir parmi les agents biologiques, les entomopathogènes qui sont peu ou pas sensibles aux insecticides, si la lutte est dirigée contre des ravageurs entomologiques.

Si l'analyse de ces connaissances préalables indique que la lutte biologique a de bonnes probabilités de réussite, les recherches sur cette lutte porteront sur:

1^o) La bio-écologie des entomophages et des entomopathogènes susceptibles d'être effectifs, en tenant compte des agents de lutte biologique déjà ou en voie d'être commercialisés, telles les préparations de Bacillus thuringiensis, de virus, de champignons, de protozoaires et de nématodes.

2^o) Les possibilités d'introduction et d'adaptation d'agents biologiques en provenance d'autres régions. Ce point, comme le précédent, nécessite l'identification exacte de ces ennemis naturels. Il est utile de rappeler que l'on considère que des confusions taxonomiques ont retardé de 50 ans, en Californie, la lutte biologique contre Aonidielle aurantii, ravageur des agrumes et que les échecs de l'utilisation des Trichogrammes ovoparasites sont imputables pour une large part à une mauvaise identification des espèces.

3^o) Les relations interspécifiques des organismes biologiques, telles celles liées à leur polyphagie et leur compétitivité. Doit-on choisir un auxillaire biologique ayant une spécificité poussée ou en préférer un qui ait une polyphagie plus ou moins grande ce qui lui permettra de mieux se maintenir, du moins théoriquement.

4^o) L'effet des autres méthodes de lutte sur les ennemis naturels et leur compatibilité avec ceux-ci. Il faut d'ailleurs noter qu'il a été mis en évidence l'existence de souches d'entomophages devenus résistants à certains insecticides et que des études ont montré que certaines formulations pesticides avaient une efficacité nettement moindre que d'autres vis à vis de certains ennemis naturels.

5^o) La mise au point d'une technique de production massale de l'agent biologique de contrôle, de son transport et de son conditionnement.

6^o) La mise au point des méthodes de distribution ou de dissémination des agents biologiques dans le milieu à protéger. Ce point comme les autres, outre de la compétence et du savoir, requiert de l'imagination. Pour illustrer ceci rapportons qu'au Canada, pour lutter contre un défoliateur du pin, Neodiprion swaini, il est préconisé de répartir dans les forêts des cocons du ravageur infectés par Baculovirus swaini desquels sortiront des adultes infectés qui dissémineront la maladie par les oeufs infectés qui donneront naissance à une larve qui meurt au premier stade mais qui infectera la nourriture qui à son tour contaminera les larves de la population naturelle de l'insecte et provoquera la mort des larves n'ayant pas atteint le 5e stade ; ce dernier survivra bien qu'infecté et sera à l'origine d'une nouvelle génération infectée, par laquelle le processus de contamination se poursuivra.

7^o) Lorsque l'application des techniques de lutte biologique requiert la participation des paysans, il faut également étudier leur disponibilité de participation et quelle est l'information à leur transmettre.

8°) Possibilité d'aménagement des biotopes. Ainsi pour faire coïncider une phase de haute nuisance d'un ravageur avec une période d'activité efficace d'un agent biologique, le décalage de la date de semis peut être une solution. Autre exemple est la culture de quelques îlots-réservoirs d'auxillaires biologiques dans ou à proximité de la culture exploitée.

9°) L'estimation des répercussions non souhaitées de l'emploi des méthodes de lutte biologique. Si elles sont moins à craindre qu'avec l'utilisation de la lutte chimique, il ne faut pas se croire à l'abri de tout effet indésirable. Lors de la campagne d'éradication des diptères myasigènes, Chrysomya macellaria, parasite du bétail au Texas, par la technique du lacher de mâles stériles, il a été observé une augmentation considérable des cerfs, qui endommageaient les cultures, parce que le Chrysomya était également un facteur de régulation de la population des cerfs.

10°) L'évaluation du profit qu'amènera cette méthode de lutte. Cette évaluation doit prendre en considération le point de vue du cultivateur, mais également celui de l'Etat. Dans les programmes d'application de lutte biologique l'intervention financière de l'Etat atteint souvent un taux élevé, ce qui peut être un facteur d'efficacité de la méthode qui a l'avantage, en général, d'être en grande partie une production nationale.

Si l'évaluation du profit est citée en dernier, il doit toutefois être examiné dès le départ, du moins pour les éléments évaluables à ce moment. Il faut insister sur le fait que si la recherche appliquée ne peut que rarement être rentable à son niveau, elle constitue néanmoins un investissement élevé dont la rentabilité, quelle qu'en soit la forme, doit être assurée en aval. Ne doit-on pas se demander si le chercheur qui fait abstraction de ce point de vue ne fait pas preuve de légèreté voire d'irresponsabilité. Aussi il y aura-t-il intérêt à ce que chercheurs et responsables du développement s'associent pour faire une étude de ce facteur.

L'examen d'une série de problèmes que soulève un programme de lutte biologique, nous renseigne qu'il faut considérer des aspects phytopharmaceutiques, biologiques, écologiques, économiques, systématiques, sociologiques, entomologiques, virologiques et nématologiques. Si des chercheurs peuvent être compétents dans plusieurs de ces domaines, l'ampleur des investigations à mener requiert de concevoir un programme qui sera confié à plusieurs chercheurs. C'est ce dont a tenu compte le projet de lutte intégré contre les ravageurs des principales cultures vivrières dans les pays du Sahel. Mais le succès de tels programmes dépendra grandement de l'esprit d'équipe des chercheurs qui les animent. De plus il ne faut pas perdre de vue que la lutte biologique doit s'insérer dans le champ plus vaste de la lutte intégrée, qui n'est elle-même qu'un des aspects de l'amélioration des productions agricoles.

Si nous pouvons disposer des hommes pour mener les recherches en lutte biologique, il faut encore les doter de moyens, et pour obtenir ces moyens il faut pouvoir sensibiliser, donc informer, les autorités de tutelle. De ceci il ne faut pas conclure que de petits moyens ne sont pas susceptibles de mener à bien un programme de lutte biologique ; l'imagination peut, dans certains cas, pallier au manque de moyens matériels et d'autre part il faut ajuster le programme aux moyens disponibles en se rappelant que si les moyens ne peuvent être augmentés, le rendement peut l'être en accroissant la productivité, c'est alors aux chercheurs à mettre les bouchées doubles. Et je voudrais mettre en garde les chercheurs en leur rappelant aussi, qu'en pays en voie de développement toute recherche appliquée n'a pas pour but de faire oeuvre scientifique mais bien de faire oeuvre utile et je pose la question de savoir si ce n'est pas une oeuvre partiellement avortée que celle qui ne va pas au-delà d'un rapport ou d'une publication.

Et puisqu'ici se trouvent réunis des responsables en prise direct avec le développement et des chercheurs, souhaitons que les premiers par leurs exigences d'obtenir des solutions efficaces aux problèmes de protection des végétaux fassent pression sur les seconds pour qu'ils s'attachent à les leur fournir.

Après cette brève esquisse des contraintes de la lutte biologique qui seront éclairées et discutées par les divers exposés et discussions au sein des différentes commissions, et pour créer " l'atmosphère lutte biologique" , nous sommes conviés à voir le très beau film réalisé sur ce sujet par le C.S.I.R.O. (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization).

LUTTE BIOLOGIQUE

Il existe un nombre considérable d'espèces animales qui sont dotées par la nature d'un très puissant instinct de survie; elles ont continuellement revendiqué leurs droits à se nourrir de cultures, de nourritures et de réserves nutritives et de vivre aux dépens des animaux domestiques et de l'être humain lui-même.

Cependant, tous les insectes ne sont pas nuisibles; parmi les espèces qui sont bénéfiques figurent celles qui vivent aux dépens des insectes qui nous sont nuisibles. La lutte biologique consiste à restreindre le nombre d'un animal ou d'une plante grâce à ses ennemis naturels et ce film illustre quelques aspects de l'examen de ces ennemis naturels ainsi que leur utilisation dans la lutte des fléaux que constituent les insectes.

La cochenille cotonneuse est originaire d'Australie. Elle ne constitue pas un fléau dans ce pays-çi parce qu'elle est combattue grâce à ses ennemis naturels. Mais elle devait constituer un fléau important pour les plantations de citron, et ce, dans de nombreux autres pays, lorsqu'elle était introduite, par hasard, dans ces derniers. En Californie, en Effet, la Cochenille cotonneuse a presque détruit l'industrie du Citron. L'un de ses ennemis naturels en Australie est la Cocinelle (Rodolia). L'insecte adulte ainsi que les larves mangent la cochenille et ses oeufs; ses ennemis naturels importés d'Australie ont sauvé l'industrie du citron en Californie et en beaucoup d'autres pays.

Ici, les iarves de la Cocinelle sont recouvertes de l'enveloppe cireuse de l'hôte qu'elles mangent. Cela constitue un exemple célèbre dans la lutte biologique, un insecte d'aucune importance dans son pays d'origine, devint un fléau dans un autre pays où il n'y avait aucun ennemi naturel pour le

combattre; lorsque ses ennemis furent également importés du dit pays d'origine, les insectes furent rapidement réduits à un nombre infime. La teigne du chou (Lepidoptère) vint d'Europe en Australie, et ne fût pas accompagnée de ses ennemis naturels; elle devait vite constituer un fléau....

Les oeufs de la Teigne du chou éclosent en l'espace de quelques jours et les chenilles se nourrissent de choux et de plantes similaires; la chenille, parvenue à l'âge adulte, tisse le cocon.

Elle arrive ensuite à l'état de Chrysalide et en une semaine ou deux, la teigne émerge.

Souvent, des parasites autochtones attaquent ces insectes introduits par accident, mais habituellement ils ne sont pas très propres à les combattre.

Hymenobosmina est un parasite autochtone . De tels parasites se développent à partir d'un oeuf pondu à l'intérieur même de l'insecte qu'ils attaquent. Une larve éclot à partir d'un oeuf et dévore l'insecte-hôte.

Hymenobosmina n'est pas un agent efficace de lutte contre ces fléaux, et ainsi, un parasite plus efficace, le Herogenes, fût introduit à partir de l'Europe. Les femelles de cette espèce passent la plupart de leur temps à chercher des chenilles de la teigne du chou.

De même que l'hymenobosmina, l'Herogène (s) est un parasite solitaire (c'est-à-dire qu'un seul parasite peut se développer dans chaque insecte-hôte). Le parasite injecte son oeuf à l'intérieur de la chenille grâce à un organe sophistiqué appelé un ovipositeur.

Lorsque nous procédons à la dissection de l'insecte-hôte, nous apercevons, grâce au microscope, les oeufs de l'Hérogènes. Le parasite vit dans les tissus de l'insecte-hôte, lequel continue néanmoins à se développer. Cependant, une fois que la chenille a tissé son cocon, le parasite la dévore complètement. Le parasite construit son propre cocon à l'intérieur de la chenille. La peau vide de l'insecte-hôte se trouve à une extrémité du cocon. Après une semaine ou davantage, selon les aléas de la température, le parasite arrive à l'état adulte et émerge.

Voici le Thyraella, un autre ennemi naturel de la teigne du chou qui a été importé; il est également d'origine européenne, mais contrairement à l'Hérogènes, il s'attaque à l'insecte-hôte lorsque ce dernier est à l'état de chrysalide. Le cocon constitue un obstacle bizarre pour le parasite-femelle; elle a maintenant réussi à insérer son abdomen dans le cocon et à introduire un oeuf dans la chrysalide, qui ne peut s'échapper. A partir de l'oeuf, un Thyraella adulte se développe dans la chrysalide et éventuellement un parasite adulte émerge.

Le Hymenobosmina, le Herogenes et le Thyraella sont des parasites primaires, qui vivent directement sur l'insecte-hôte, mais il existe des parasites secondaires qui s'attaquent aux parasites primaires et, pour ce qui est de la lutte biologique, il est important de faire la distinction entre eux, car les parasites secondaires ont tendance à réduire l'efficacité de la lutte fournie par les parasites primaires. Le Eupteramalus est un parasite secondaire Australien; il pond à l'intérieur du parasite primaire de la teigne du chou.

Eventuellement, un Eupteramalus adult émerge. Ainsi, à partir du cocon de la teigne, peut apparaître une teigne, ou un parasite larvaire primaire, un parasite primaire de chrysalide ou enfin un parasite secondaire. Une autre forme de parasitisme qui constitue un parasitisme au niveau de l'oeuf est manifestée par le Microphanurus, un parasite de la Punaise des légumes verts. La punaise se nourrit de tomates, de haricots ainsi que de nombreuses autres plantes. Elle pond ses oeufs en grande quantité en dessous des feuilles. La ponte des oeufs est un processus lent.

Le stade final de la croissance de l'oeuf est maintenant atteint, au cours de la croissance, les oeufs changent de couleur; les deux oeufs qui sont pâles sont stériles. Les nymphes éclosent à peu près en même temps. Leurs teignes peuvent changer de couleur plusieurs fois au cours de cette croissance. Lorsqu'elles sont jeunes, les nymphes ont un instinct grégaire. Elles se dispersent pendant la journée pour se nourrir, mais se rassemblent le soir pour se reposer. Au fur et à mesure qu'elles grandissent, elles perdent leur instinct grégaire.

Plusieurs ennemis naturels de la punaise des légumes verts ont été importés en Australie. Le Microphanurus est l'un d'eux; c'est un parasite des oeufs. Remarquez comment les parasites examinent la coque de l'oeuf; avec ses antennes, la femelle peut savoir si un oeuf est déjà parasité. Il perfore l'insecte-hôte avec l'ovipositeur et introduit un oeuf.

Une fois qu'il a repéré les oeufs, il saura, par la suite, si l'oeuf est déjà parasité.

Il faut plusieurs semaines au parasite pour atteindre l'état adulte à l'intérieur des oeufs de l'insecte-hôte.

Le Microphanurus est une espèce solide (un seul parasite se développe dans chaque oeuf).

Ce parasite se trouve dans le dernier stade que couvait une chrysalide.

Les mâles qui émergent avant les femelles contestent pour la possession de l'oeuf.

Le mâle vainqueur attend l'arrivée des femelles. Chaque femelle est fécondée à son apparition. La femelle se met immédiatement à la recherche d'un oeuf de la punaise des légumes verts. Elle est capable de pondre immédiatement. Etant donné que la femelle peut faire la distinction entre les oeufs qui sont infestés de parasites et ceux qui ne le sont pas, elle ne gaspille donc pas des oeufs pour ce qui est des insectes-hôtes qui ont déjà subi l'action des parasites. Tous les parasites ne sont pas partie des espèces solide: quelques-uns introduisent de nombreux oeufs dans un seul insecte-hôte et les larves y vivent d'une façon grégaire. Cela est illustré par deux parasites du Papillon Blanc du chou, lequel apparut pour la première fois en Australie en 1939, il devait rapidement devenir un fléau.

Voici une jeune chenille du Papillon Blanc du chou; le parasite Apanteles fut introduit à partir de l'hémisphère Nord, afin de le combattre. Le parasite introduit son ovipositeur à l'intérieur de la chenille et dépose de nombreux oeufs.

Une dissection de la chenille montre, avec l'aide du microscope, les oeufs du parasite. Il y en a souvent plus d'une cinquantaine. Une dissection de l'insecte-hôte, à un stade ultérieur, montre les jeunes larves cohabitant harmonieusement. Elles se nourrissent de tissus non vitaux et la chenille peut donc continuer à se nourrir et à grandir. L'insecte-hôte adulte est infesté

de parasites. Lorsqu'elles ont été suffisamment nourries, les larves parasitaires émergent ensemble le long de la paroi du corps de la chenille. Chaque larve tisse immédiatement un cocon. La chenille qui a été leur hôte pour quelques semaines meurt juste après l'apparition des parasites.

Les larves de l'Apanteles se métamorphosent en chrysalides à l'intérieur de leurs cocons; les adultes émergent éventuellement et le cycle des parasites continue. De nombreuses chenilles de papillons blancs du chou en Australie sont tuées par ce parasite-Apanteles. Celles qui ne le sont souvent attaquées par une autre espèce importée - Le Pteramalus - qui pond ses oeufs dans les chrysalides. Si le Pteramalus rencontre une chenille adulte, il la traîne et attend avec elle jusqu'à ce qu'elle se métamorphose en chrysalide; les parasites doivent parfois attendre de nombreux jours (avant cela).

Ici la chenille est en train de tisser la ceinture qui maintiendra la chrysalide en position. Pendant ce temps, les parasites attendent.

Enfin, l'insecte-hôte s'est métamorphosé en chrysalide, et la sagesse instinctive du parasite est récompensée. Deux femelles pondent des oeufs. Le Pteramalus est une espèce grégaire; il y a suffisamment de nourriture dans chaque insecte-hôte pour de nombreuses larves. La dissection montre ensuite les larves parasitaires adultes. Le parasite se métamorphose en chrysalide à l'intérieur de la coquille de nymphe de l'insecte-hôte et les parasites adultes émergent ensemble à travers le même trou. Tous ces parasites se développent à l'intérieur d'un seul insecte-hôte. Les habitudes des parasites sont étroitement liées à la biologie de leurs insectes-hôtes. Un bon exemple est le parasite Tersilochus et son hôte le charençon des légumes qui vit en Australie

en provenance de l'Amérique du Sud. Le charençon des légumes n'a qu'une seule génération par an. Ils sont inactifs durant les mois d'été mais deviennent actifs en Automne qui est le moment où ils mangent avec un appétit vorace afin de permettre le développement des ovaires.

Cet insecte est dispensé d'éléments mâles. Ce sont donc tous des femelles; leurs oeufs se développent sans être fécondés. Les oeufs sont pondus dans des endroits humides; les larves ont également besoin d'un environnement humide; elles se cachent pendant la journée et se nourrissent pendant la nuit.

Plusieurs espèces de Tersilochus ont été importées d'Uruguay, afin de combattre le charençon des légumes.

Ce sont des parasites dignes de confiance; les larves du charençon des légumes, creusent dans le sol, lorsqu'elles sont parvenues à l'âge adulte.

Elles forment des ovules elles-mêmes, dans lesquelles leur croissance ultérieure aura lieu.

L'individu non-infesté de parasites se métamorphose en chrysalide et devient éventuellement un charençon adulte. L'individu infesté de parasites est dévoré par son parasite lequel forme ensuite un cocon. Le parasite adulte émerge à partir d'une chrysalide mais reste inactif à l'intérieur du cocon pendant cinq à six mois en été. Par ces moyens insolites, les longs cycles des parasites et ceux de leurs insectes-hôtes sont contrebalancés.

Le Tersilochus adulte sort de son cocon en un jour tiède d'Hiver.

A ce moment là, les larves de l'insecte-hôte sont de nouveau présentés pour exercer leur oeuvre de parasites. Ce parasite est parfaitement adapté à son hôte. La lutte biologique aura vraisemblablement plus de succès si elle s'attaque à des fléaux d'origine étrangère. Mais, lorsqu'un insecte qui constitue un fléau, comme la Mouche à Fruits du Queensland est d'une importance économique capitale, et que ses ennemis naturels ne sont pas efficaces, on peut essayer de l'enrayer en important des ennemis naturels d'insectes-fléaux qui sont de la même famille.

Le premier pas permettant d'atteindre une lutte biologique satisfaisante consiste en l'étude de la biologie de l'insecte. La mouche à fruits pond ses oeufs en groupes juste en dessous de la surface du fruit. On peut procéder à une dissection des oeufs et les observer au microscope.

La mouche à Fruits du Queensland cause de sérieux dommages à de nombreux genres de fruits. Lorsque les larves deviennent adultes, elles quittent le fruit et pénètrent dans le sol pour se métamorphoser en chrysalides. Plus tard, les mouches émergent. Il y a plusieurs générations chaque année. Puisque les ennemis naturels de la Mouche à fruits du Queensland sont inefficaces, allons-donc à Hawaï, et examinons un insecte fléau voisin, la mouche à fruits Orientale.

La mouche à Fruits Orientale fût accidentellement introduite d'Asie en l'île d'Hawaï pendant la dernière guerre. Là, elle a énormément

à divers genres de fruits. Les entomologistes Hawaïens, collaborant avec leurs collègues des Etats-Unis, entreprirent une étude intensive du problème engendré par la Mouche à Fruits Orientale, une attention particulière étant accordée à la possibilité d'une lutte biologique.

Ces entomologistes ont donc exploré de nombreuses parties du Monde, à la recherche des ennemis naturels des Mouches à Fruits. Ils trouvèrent beaucoup de parasites et plusieurs de ces derniers ont été d'une utilité considérable dans la réduction du nombre de la Mouche à Fruits Orientale à Hawaï.

Cette recherche a été un intéressant exemple de lutte biologique pour laquelle les entomologistes Hawaïens ont depuis longtemps joué un rôle important.

Des rapports concernant la lutte efficace de la Mouche à Fruits Orientale, exercée par le Opius Oophilus, un autre parasite ont conduit, à une enquête en Australie portant sur la possibilité d'employer ce parasite contre la Mouche à Fruits Orientale, et ce, d'une manière efficace. L'Opius Oophilus est le seul parasite connu qui pond ses oeufs dans l'oeuf même de la Mouche à Fruits. L'oeuf minuscule est conduit par le biais de l'ovipositeur dans l'oeuf de la Mouche à Fruits, où il demeure latent pendant quelque temps.

Voici l'Opius longicaudatus, un autre parasite de la Mouche à Fruits. Il pond dans la larve de la Mouche. Ici, grâce aux moyens du laboratoire, nous pouvons apercevoir le longicaudatus testant les fruits avec son ovipositeur, à la recherche de larves de Mouches - fruits.

Il a été découvert que le parasite principal de la Mouche à Fruits Orientale peut également parasiter et se développer à l'intérieur de la Mouche Orientale à Fruits. Pour ce qui est des enquêtes ayant trait à la lutte biologique, il est nécessaire de mettre au point des techniques pour cultiver les insectes-fléaux et leurs ennemis naturels.

En laboratoire, les Mouches Orientales à Fruits pondent régulièrement leurs oeufs dans des bananes.

Les bananes sont exposées dans une cage au parasite-Oophilus . La femelle-parasite pond dans les oeufs des Mouches à Fruit installés dans les bananes.

Après plusieurs jours, on enlève les bananes; on les coupe et les place à la surface d'un milieu nutritif à base de carotte.

Des études montrent, par la suite, que les oeufs de Mouches Orientales à Fruits sont éclos et que les larves contenant les parasites se développent dans le milieu nutritif, à la satisfaction générale.

Les larves adultes sont groupées lorsqu'elles quittent le milieu nutritif. Ils creusent dans de la sciure et se métamorphosent en chrysalides.

C'est seulement à ce stade que le parasite se développe rapidement, dévore les chrysalides de la mouche à Fruits et devient automatiquement adulte à l'intérieur des enveloppes chrysalide de leurs hôtes.

Plus tard, les parasites émergent de certaines chrysalides et des Mouches à Fruits de quelques autres. Quelques oeufs exposés n'ont pas subi l'action des parasites; bien que l'Oophilus et d'autres

parasites aient été élevés en Australie sur la Mouche de Fruits du Queensland, il n'a pas été facile d'obtenir les grandes quantités requises pour les libérer dans les champs; dans de tels cas, il est parfois préférable d'importer de grandes quantités à cet effet.

Ces Mouches Orientales à Fruits contiennent des Opius Oophilus élevés à Hawaï.

Les parasites seront libérés dans les terres du Queensland et utilisées contre les Mouches Orientales à Fruits.

On accorde un grand soin à la prévention de toute inclusion accidentelle de tout autre insecte dans les emballages de cartons. A Hawaï, on anesthésie les insectes à l'aide d'acide carbonique et on les examine avant de les emballer pour les envoyer par frêt aérien.

Les insectes se rétablissent rapidement des effets de l'anesthésique lorsqu'on les remet dans un carton.

Lorsqu'ils arrivent en Australie, tous les emballages vont dans des laboratoires où ils sont mis en quarantaine avant de subir une autre vérification pour savoir si d'autres espèces ne figurent pas dans celles qui contiennent des parasites.

Tout est détruit à l'exception des parasites. On injecte un anesthésique dans le carton afin d'immobiliser tous les insectes, tout en procédant à un examen critique de ces derniers.

Chaque spécimen est identifié individuellement. Tout insecte étranger devra nécessairement être exclu à ce stade-ci.

Les parasites sont gardés et expertisés lors de la vérification à l'aide d'un flux d'acide carbonique dans un trou situé en dessous du plateau de vérification.

Les parasites sont envoyés en avion dans les zones infestées de Mouches à Fruits pour y être libérés.

Les facteurs qui affectent la puissance des ennemis naturels à lutter contre les fléaux sont extrêmement compliqués et les résultats de telles importations ne peuvent être définis à l'avance. La libération des fléaux dans les champs est le seul moyen efficace de lutte. Ici, les parasites sont libérés sur un nêfle du Japon infesté de Mouches à Fruits. Les parasites sont de préférence libérés dans des endroits où les cultures n'ont pas été vaporisées d'insecticides, lesquels sont souvent aussi néfastes pour les ennemis naturels que pour les fléaux eux-mêmes. Quelquefois, après la libération des insectes-Fléaux, la zone doit être revisitée pour vérifier si les parasites se sont reproduits comme voulu dans les champs. Les fruits infestés de Mouches à Fruit du Queensland sont assemblés et envoyés au laboratoire. Dans le laboratoire, les échantillons sont examinés, enregistrés et placés dans la sciure, pour parer à toute nouvelle émergence subséquente d'insectes. Quand les insectes qui en émergent meurent, on les enlève et on les compte.

Dans ce cas particulier, les parasites se sont effectivement dans les champs et à la fois les parasites et les mouches sont récupérés à partir des échantillons.

Des enregistrements détaillés des éléments récupérés sont faits et on préserve les spécimens.

Les problèmes liés à la lutte biologique:

Un succès facile n'est pas souvent obtenu: De nombreux insectes-fléaux à combattre avec les insecticides ; le fléau devient souvent immunisé contre l'action des insecticides utilisés pour la lutte biologique;

les insecticides en détruisant les ennemis naturels utilisés pour lutter contre les fléaux ont éventuellement à rencontrer d'autres fléaux.

Pour de telles raisons, les entomologistes deviennent de plus en plus intéressés par l'éventualité d'utiliser des maladies à la place des produits chimiques pour ce qui est des vaporisateurs utilisés dans la lutte contre les insectes.

Voici une suspension de particules contenant des particules de virus appartenant au virus Granulosis trouvé en Australie. Le tube contient des milliards de particules de virus obtenues à partir d'un corps de chenilles d'un papillon blanc de choux mort de maladie. Lors de tests faits en laboratoire, une petite quantité est extraite du tube et diluée dans de l'eau et les feuilles trempées dans la suspension.

Les chenilles du papillon blanc se nourrissent à partir des feuilles et ingèrent les particules de virus. Le virus se multiplie avec une très grande rapidité et les premiers symptômes de la maladie sont l'inactivité et le manque d'activité. Les chenilles deviennent alors plutôt pâles, les segmentations plus distinctes et la peau brillante. La maladie est extrêmement virulente et les chenilles meurent invariablement en l'espace de quelques jours. Elles deviennent habituellement de couleur crème avant de mourir.

Par la suite, le corps devient tâcheté et il y a de nombreux oeufs qui suintent. L'expérience a démontré qu'une éruption de cette maladie persiste pendant la durée de la culture du chou.

Les maladies d'insectes sont généralement plus sûres, étant donné que l'être humain et les animaux domestiques n'y sont pas prédisposés.

Les nerfs qui restent se désintègrent rapidement lorsqu'ils sont soumis aux conditions atmosphériques et les milliards de particules de virus sont libérées pour infecter d'autres chenilles.

Dans les derniers stades, le contenu du corps se liquéfie et la peau devient très effilée. Le corps et le contenu noircissent. Les maladies d'insectes constituent une nouvelle arme dans l'arsenal de la lutte biologique.

On ne doit pas s'attendre à ce que la lutte biologique résolve tous les problèmes; des succès faciles ne doivent pas être prévus. Mais lorsqu'elle est efficace, la lutte biologique est facilement la meilleure méthode ainsi que la plus économique.

Les mouches blanches des serres par exemple, ont cessé d'être un problème depuis l'introduction du parasite Encarsia. La mouche blanche pond ses nymphes sur la surface des feuilles. En l'espace de quelques semaines, ces nymphes éclosent et elles sont attaquées par les parasites. Les nymphes qui ont subi l'action des parasites deviennent noires. Le Puceron lanigère, qui constituait un fléau considérable pour les pommes a vu son importance réduite dans une très grande mesure grâce au parasite Aphelinus. La recherche vise à atteindre la réussite et à combattre les insectes-fléaux. Les problèmes que posent les insectes sont très simples, mais il existe toujours un immense intérêt d'importance pratique. Parmi les problèmes les plus fascinants qui sont soulevés figurent ceux qui sont reliés à l'utilisation des ennemis naturels et de leurs hôtes destinés à la théorie et à la pratique de la lutte biologique.

Une Introduction sur le Programme de Lutte Biologique
du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis
par

John J. Drea, Jr.

National Program Staff
Agricultural Research, SEA
United States Department of
Agriculture
Beltsville, maryland

For presentation at the USAID-SAHEL Food Crop Protection
Project -

International Conference on Biological Control of Pests
Its Potential in West Africa
Dakar, Senegal
February 9-13, 1981

Dans les années 1950 lorsque j'ai été étudiant à l'Université, la lutte biologique aux Etats-Unis était représentée par quelques scientifiques seulement, travaillant dans 3 ou 4 laboratoires fédéraux et probablement dans le même nombre d'Etats et d'Universités dans le pays. Le contrôle, apparemment miraculeux, par les pesticides comme DDT, BHC, TEPP, aussi bien qu'une longue liste d'autres pesticides semblait bien avoir supprimé la lutte biologique sauf dans quelques domaines de recherche. Toutefois, et comme nous le savons tous, l'effet miraculeux ne durait pas toujours. La résistance, la pollution de l'environnement et le danger de la santé faisaient apparition, et de nouveau on cherchait des méthodes pour lutter contre les fléaux. Le public aussi avait pris conscience de la possibilité de la lutte biologique. Les organisations fédérales et étatiques augmentaient leur support pour de nouvelles recherches en utilisant des parasites naturels et la lutte biologique se développa. Aujourd'hui, plus que 150 scientifiques travaillent dans le domaine de recherche dans 62 laboratoires du Ministère de l'Agriculture à travers les Etats-Unis ainsi que 4 laboratoires permanents outre-mer.

En ce qui concerne la juridiction la plus grande partie de la recherche de lutte biologique est coiffée par Agricultural Research, c'est à dire la Recherche Agronomique, celle-ci faisant partie du secteur de l'Administration pour la Science et de l'Education du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis. La Recherche Agronomique est sub-divisée en plusieurs programmes nationales de recherche. Ces programmes établissent la base de l'étude du secteur de la recherche agronomique. Un de ces programmes nationales établie les responsabilités de la recherche avec les agents biologiques utilisés pour le contrôle de fléaux.

Dans ce programme il y a 15 laboratoires aux Etats-Unis et 4 laboratoires outre-mer. Tous ces laboratoires sont concernés par l'un ou l'autre aspect de la lutte biologique.

.../...

Les 4 laboratoires dans les pays étrangers sont entièrement dirigés dans le but de découvrir les ennemis naturels d'insectes exotiques et de mauvaises herbes qui se trouvent aux Etats-Unis. Le laboratoire le plus ancien, European Parasite Laboratory, a été établi en 1919 et se trouve à Sèvres, dans la banlieue Parisienne, en France. Ce laboratoire est entièrement concerné par la lutte biologique des insectes nuisibles. En 1975, Asian Parasite Laboratory (notre laboratoire de lutte biologique des insectes pour l'Asie) a été ouvert à Sapporo, au Japon, exclusivement pour les études des ennemis naturels d'insectes. La recherche des insectes phytophages des mauvaises herbes en Europe et au Proche Orient est dirigée depuis 1959 dans le Laboratoire de Lutte Biologique de Mauvaises Herbes à Rome, en Italie.

En 1962, un autre Laboratoire de Lutte Biologique de Mauvaises Herbes a été ouvert dans la banlieue de Buenos Aires, en Argentine, pour étudier les ennemis de la plante *Alternanthera philoxeroides*, qui infeste les cours d'eau. Aujourd'hui ce laboratoire est également responsable d'un grand nombre de projet sur les insectes nuisibles en plus de la recherche principale contre les plantes adventices.

Aux Etats-Unis, les laboratoires se répartissent les tâches de travail soit dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles, soit dans la lutte contre les mauvaises herbes. D'autres encore étudient les pathogènes utilisés comme agents biotiques ou comme les fléaux.

.../...

En général, les agents destinés pour être utilisés dans la lutte biologique doivent entrer le pays en passant par une station de quarantaine. A travers les Etats-Unis il y a 5 laboratoires de quarantaine de l'U.S.D.A. dont 2 s'occupent uniquement de réceptionner les arthropodes nuisibles et leurs ennemis naturels. Ceux-ci se trouvent à Newark, Delaware, et à Columbia, Missouri. Les arthropodes phytophages transitent par le Laboratoire de la Lutte Biologique des Mauvaises Herbes en Californie. Le laboratoire de Quarantaine de la Recherche des Insectes situé en Mississippi, est équipé à recevoir à la fois les arthropodes entomo-et phytophages. Récemment cette station a été autorisée à recevoir et à étudier les pathogènes exotiques pour contrôler les plantes nuisibles.

A Frederick, Maryland, le Laboratoire de Recherche des Maladies des Plantes entreprend des études des phyto-pathogènes, utilisés pour contrôler les mauvaises herbes. Tous ces laboratoires de quarantaine sont responsables de surveiller les envois, d'éliminer toute source de contamination, d'entreprendre d'autres études nécessaires permettant l'utilisation de l'agent de contrôle, de confirmer l'identité ainsi que de préparer et d'envoyer l'ennemi naturel aux laboratoires de recherche associés.

En plus de l'installation de quarantaine, ces laboratoires emploient des chercheurs scientifiques pour étudier ces organismes étrangers "en profondeur". Quand les organismes bénéfiques ont obtenus leur visa d'entrée et l'autorisation d'être lâché aux Etats-Unis ceux-ci peuvent être (1) retenus dans cette station afin de continuer d'autres études, (2) envoyés à d'autres laboratoires U.S.D.A. du pays, ou encore (3) distribué dans plusieurs laboratoires d'Etat ou d'universités pour la recherche de ceux-ci. Il en résulte que la co-opération entre les institutions de recherche fédérales, étatiques et universitaires est considérable.

.../...

Cette co-opération aboutit donc à la recherche concertée en vue d'utiliser un ou plusieurs organismes bénéfiques de source étrangère.

En plus de la "Lutte Biologique Classique", dont le rôle est l'introduction des organismes exotiques pour la lutte contre les espèces de fléaux, il y a développement d'un programme considérable de recherche dans d'autres laboratoires de recherche agronomique, qui s'adresse à d'autres aspects dans la sphère de la lutte biologique.

Par exemple, le Laboratoire Agronomique à Fresno, en Californie, a fourni un travail considérable en utilisant les nématodes parasitoides dans la lutte contre Leptinotarsis decemlineata (le doryphore), contre plusieurs espèces de moustiques, et contre les lepidoptères s'attaquant aux arbres indigènes.

A Tifton, en Géorgie, les chercheurs du Southern Grain Insect Laboratory (laboratoire d'insectes s'attaquant aux céréales) expérimentent l'utilisation des odeurs corporelles, ou kairomones, des insectes phytophages. Ces kairomones ont démontré leur pouvoir d'attraction des ennemis naturels des fléaux. Peut-être ces émanations corporelles peuvent être synthétisées et utilisées dans la lutte contre les insectes. Le laboratoire à Columbia, dans le Missouri, expérimente la réduction des ailes des parasites et prédateurs d'insectes exposés à l'irradiation. Le fait que ces insectes ne peuvent plus voler les obligent à rester dans la zone de relâchement ; ainsi on réduira leur dispersion tout en augmentant leur efficacité.

A Ithaca, New York, un chercheur de l'U.S.D.A. attaché au Byce Thompson Institute a montré que la manipulation d'une espèce indigène de champignon peut entraîner une épizootie grave dans les populations indigènes de criquets.

.../...

Les travaux du Laboratoire de Pathologie des Insectes à Beltsville, Maryland est de nature plus de base. Les travaux de cette station sont axés sur la technique de culture des cellules et tissus, ainsi que sur l'identification des virus, ou d'organismes qui ressemblent aux virus et à d'autres micro-organismes utilisés dans la bataille contre les insectes.

La liste des projets de recherches dans la lutte biologique est trop longue pour en donner un aperçu complet de ces travaux du National Research Program. Il y a également les projets d'études pour tester les allelopathes, ces substances physiologiques d'une plante qui inhibent la croissance d'autres plantes. Une méthode qui s'approche de ces travaux a déjà été appliquée en Afrique et en Asie où une espèce de fleur, la souci est plantée dans les champs de thé, tabac et pomme de terre pour lutter contre les nématodes.

Dans le passé récent, l'augmentation de l'utilisation d'ordinateurs a été considérable pour stocker les informations concernant les envois d'arthropodes, pour cataloger les informations des spécimens pour les musées ainsi que pour la préparation de catalogues compréhensif de taxonomie. Les laboratoires de lutte biologique utilisent de plus en plus les ordinateurs pour stocker et réutiliser une quantité considérable d'information fourni par le chercheur scientifique.

Même si je ne parle du SEA/AR, Laboratoire d'Entomologie Systematique situé à Beltsville, Maryland, que maintenant, il n'est certainement pas le moins important. Car sans identification correcte et adéquate la structure du programme de la lutte biologique s'effrondrait. L'identification de l'espèce nuisible et l'arthropode bénéfique associé est la "clé-voute" de l'ensemble du programme. Ceci est aussi vrai pour les projets où les pathogènes et micro-organismes sont utilisés.

.../...

Sans l'aide de ces taxonomistes dévoués la lutte biologique, comme nous la connaissons, cesserait d'être une science.

Les travaux de tous ces laboratoires du National Research Program ne sont pas seulement réservés pour la recherche au bénéfice des Etats-Unis. Il en résulte une interaction assez développée avec d'autres organisations nationales et internationales comme le C.I.B.C., le C.S.I.R.O d'Australie, l'I.N.R.A., etc., à travers le monde. Les activités ont inclus des échanges d'information et d'ennemis naturels, et une coopération dans les projets de recherche.

Les laboratoires de Recherche Agronomique ont fourni des ennemis naturels aux pays d'Afrique, d'Asie, d'Europe et de l'Amérique Latine. En même temps le Laboratoire d'Entomologie Systématique a identifié des milliers de spécimens pour les chercheurs professionnels et amateurs du monde entier, y compris l'Afrique.

La lutte biologique est internationale. Sans coopération entre scientifiques, entre organisations, et entre pays, peu de progrès serait possible.

"Lutte biologique contre les ravageurs et
ses possibilités en Afrique de l'Ouest"

Dakar, 9 - 13 Février 1981

LA LUTTE BIOLOGIQUE AU G.E.R.D.A.T.

RESULTATS - ORIENTATIONS

PROBLEMES SAHELIENS

J. Brenière, I.R.A.T./G.E.R.A.T., 34032 Montpellier Cedex -France

Invité à présenter les recherches du GERDAT en matière de lutte biologique, mon exposé consistera à donner une vue des recherches et des résultats obtenus par les instituts du GERDAT, les études en cours et notamment celles qui se rapportent aux principales cultures vivrières du Sahel. Il faut reconnaître malheureusement, que, dans cette zone et pour ces cultures les connaissances en cette matière sont encore très faibles. C'est pourquoi en émettant quelques idées sur les difficultés et les besoins aigus de concentration et de coordination des recherches, nous essayerons d'exposer la participation qui pourrait être celle du GERDAT dans la réalisation de programmes concertés de lutte biologique en zone soudano-sahélienne.

Les recherches en matière de lutte biologique ou préparatoires à la lutte biologique apparaissent dans les programmes des instituts français de recherches agronomiques tropicales dès l'après guerre.

Déjà en 1943, RISBEC entreprenait l'inventaire des entomophages des ravageurs des cultures au Sénégal. Son ouvrage sur la faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan, publié en 1950, reste encore un document de référence.

A la même époque FRAPPA à Madagascar introduisait un parasite du charançon de l'Eucalyptus et parvenait grâce à lui à faire disparaître ce véritable fléau pour la forêt, base de reboisement sur les hauts plateaux malgaches.

Dans les années 50 à 60, l'IRAM (Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar) abordait la lutte biologique contre les foreurs de la canne à sucre. Pour combattre Chilo sacchariphagus de nombreuses études ont été entreprises sur la biologie et l'écologie de ce ravageur et de ses entomophages. Un trichogramme autochtone, T. australicum, bien que très abondant au plus fort de l'infestation méritait d'être exploité. Des élevages de masse ont été réalisés, des lâchers expérimentaux inondatifs ont fait ressortir après plusieurs campagnes l'incapacité de ce trichogramme à dépasser ses possibilités de multiplication naturelle. Une autre espèce, T. fasciatum introduite d'Amérique Centrale ne donna pas plus de résultats.

L'IRAT, qui prenait alors en charge les destinées de l'IRAM, procédait en 1963 à la difficile opération d'introduction d'une tachinaire indonésienne Diatraepha striatalis. Cette action aboutit à la mise au point d'un élevage de masse et à la réalisation de nombreux lâchers à Madagascar

et à la Réunion. Dans cette île après 5 années de lâchers, en conditions très diverses, il nous fallait reconnaître que l'insecte ne parvenait pas à franchir le cap de la saison froide et ne pouvait donc s'adapter.

Ces deux séries d'échecs ont été fort heureusement compensés par un succès : l'introduction en 1960 à Madagascar d'Apanteles flavipes. Dès l'année suivante, ce braconide s'étendait à toutes les cultures de canne à sucre du Nord Ouest et trois ans plus tard son installation définitivement acquise, apportait enfin un bilan très positif dans la lutte contre le foreur de la canne à sucre.

Après cet épisode canne à sucre, le tabac, était concerné à son tour. Toujours à Madagascar de 1970 à 72, 5 parasites de la teigne du Tabac et de la pomme de terre Gnorimoschema operculella étaient introduits. Parmi eux Apanteless subandinus s'implantait, parasitant 20 à 70 % des larves et se retrouvait en abondance dans des zones éloignées des points de lâchers.

Contre la Sesamie du Maïs, encore à Madagascar, l'eulophide Pediobus furrus introduit et multiplié en 1968 et 69 s'établissait partout en réduisant la pression parasitaire du ravageur.

A la Réunion, en 1962, l'IRAT mettait en place un laboratoire de lutte biologique dirigé par ETIENNE. Depuis sa création, les introductions d'entomophages furent nombreuses : parasites de foreurs de la canne à sucre déjà mentionnés et nombreux parasites des trypetides nuisibles aux fruits et légumes.

Citons encore l'introduction à la Réunion de Tetrastichus dryii qui a fait pratiquement disparaître le psylle des agrumes Trioza erytreae, et celle de Cales noacki qui a réduit fortement la pullulation de l'aleurode Aleurothrixus floccosus.

Mais nous éloignons un peu trop des problèmes de l'Afrique continentale à laquelle nous arrivons :

L'IRCT, Institut de Recherches sur le Coton et les Textiles, s'est engagé en effet lui aussi de longue date sur la voie de la lutte biologique en Afrique. Dans le cas du coton, ce sont les traitements chimiques qui en certains endroits ont laissé apparaître des déséquilibres de la biocénose à la faveur desquels plusieurs insectes relativement rares ou indifférents jusqu'alors ont occupé les places vides, tandis que des ravageurs primaires finissaient par acquérir la résistance à un nombre sans cesse croissant d'insecticides et que les auxiliaires disparaissaient. C'est ainsi qu'on a observé la surabondance de la cochenille Ferrisiana virgata et récemment des pullulations d'acariens et de pucerons.

Disparopsis watersi est au Nord Cameroun le ravageur le plus important du cotonnier en raison notamment de sa stricte monophagie. Il est cependant contenu en partie par une tachinaire Eucarcelia evolans atteignant jusqu'à 30 % de parasitisme. L'IRCT a étudié des dispositifs de protection

pour assurer le maintien de cet auxiliaire malgré les traitements insecticides. Après avoir déterminé le comportement de la tachinaire en liaison avec la diapause de son hôte, l'étude a conduit à la recherche d'un milieu nutritif artificiel pour assurer l'élevage en masse de Diparopsis afin de pouvoir envisager la multiplication de la tachinaire en vue de lâchers inondatifs.

En matière d'introductions, le parasite oophage Trichogramma brasilense était multiplié et diffusé en plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest et à Madagascar. Cet auxiliaire s'est bien adapté aux oeufs d'Heliothis et d'Earias, mais l'échelle d'utilisation reste encore au niveau de l'expérimentation.

Parallèlement aux recherches sur les entomophages, l'IRCT s'est également engagé dans l'étude des entomopathogènes. Plusieurs stations se sont spécialisées dans les études de terrain et disposent d'un matériel de laboratoire satisfaisant. C'est le cas des stations de Bouaké (Côte d'Ivoire) et de Bébedjia (Tchad) où des inventaires et des recherches sur les entomopathogènes sont poursuivies depuis des années ; les polyédroses d'Heliothis armigera et la granulose de Cryptophlebia leucotreta étant maintenant multipliées et expérimentées aux champs.

A Maroua (Cameroun), en plus de l'étude des entomopathogènes locaux, l'IRCT a abordé en laboratoire l'étude de l'efficacité de souches virales non autochtones (Action pathogène des virus de Mamestra brassicae, d'Autographa californica, de Soctia segetum et de Galleria mellonella sur Diparopsis watersi), complétée par l'expérimentation aux champs des polyédroses de Memestra brassicae et d'Heliothis armigera.

Au niveau scientifique et technique, ces travaux bénéficient en France, de la collaboration des laboratoires de l'I.N.R.A. de St Christolles-Alès pour l'identification (séro-agglutination et diagramme électrophorétique de l'ADN) et de La Minière pour les questions de technologie et de méthodes d'application.

Le Bacillus thuringiensis enfin a également été expérimenté sur les ravageurs de feuillage du cotonnier avec quelques résultats positifs.

Depuis quelques années on connaît la phéromone d'Heliothis et on met au point celle de Cryptophlebia leucotreta. Des expérimentations sont en cours concernant la méthodologie du piégeage et l'usage qui peut en être retiré.

L'IRFA (Institut des Fruits et Agrumes) a entrepris en Mauritanie de 1966 à 1968 une action d'envergure contre le principal ravageur de la cochenille blanche du palmier dattier, Parlatoria blanchardi.

La coccinelle prédatrice Chilocorus bipustulatus var. iranensis a été introduite et multipliée largement à partir d'une souche récoltée en

Iran. Ce prédateur s'est avéré extrêmement actif. Son implantation a été rapide, notamment dans les palmerais de la région d'Atar, réduisant en quelques années la cochenille à des proportions négligeables.

Les autres cultures sahélienne qui sont essentiellement vivrières sont en général peu productives. Entre les mains d'un petit paysannat sans grandes ressources, elles ne peuvent pas comme le coton supporter la charge des traitements insecticides, solution à la fois trop onéreuse et éventuellement dangereuse. La lutte contre les insectes ravageurs est donc recherchée essentiellement dans l'adoption de pratiques agronomiques favorisant au mieux le développement de la plante, et la lutte biologique sous toutes ses formes, principalement par la recherche de variétés résistantes ou tolérantes.

Mais sur ces cultures bien peu de recherches n'ont été jusqu'à présent engagées jusqu'à l'obtention de résultats pratiques.

Un examen rapide des problèmes entomologiques qui se rattachent aux Mil, au Sorgho et au Maïs des régions sahéliennes et soudaniennes fait ressortir un petit nombre de ravageurs ayant une incidence économique importante sur les cultures en cours de végétation.

Voici quelques éléments les concernant :

LE MIL est très attaqué par la pyrale Acigona ignefusalis. Largement répandue dans tout le Sahel, elle est susceptible de bloquer la montaison ou de dessécher les chandelles avant maturation des grains en interrompant la circulation de la sève dans la tige.

Ce foreur possède au moins une vingtaine de parasites naturels parmi lesquels l'ichneumonide Syzeuctus sp. et le bethylide Goniozus sp. semblent les plus abondants. Acigona possède 2 à 3 générations au cours de la saison des pluies, les entomophages se manifestent très classiquement à partir de la 2^e génération et ne prennent du volume qu'au plus fort de l'infestation, trop tardivement pour être efficaces.

Les chenilles des chandelles du Mil qui constituent un complexe de plusieurs espèces des genre Raghuwa et Masalia ne possèdent qu'une seule génération par an et sont cependant fortement parasitées. VERCAMBRE a étudié ces insectes au Sénégal de 1974 à 1976. Après la très violente infestation de 74, il a observé dès 1975 une diminution très marquée de ce ravageur en même temps qu'une remontée spectaculaire du paratisme et du prédatisme. Un braconide, Habrobracon sp. hebetor ? parvient même à parasiter la presque totalité des chenilles observées en fin de saison.

Le SORGHO est affecté principalement par deux diptères : la mouche des pousses : Atherigona soccata et la Cecidomyie des panicules Contarinia sorghicola.

En Haute Volta, un entomologiste de l'I.R.A.T. a relevé l'inventaire des espèces d'Atherigona nuisibles au sorgho. Il a contribué à la recherche de variétés résistantes au sorgho en établissant la comparaison entre des variétés locales. Il s'avère que la résistance des variétés introduites déjà sélectionnées pour leur résistance reste élevée en Haute Volta alors que la variété locale Gnofing est la plus sensible. Il convient donc d'introduire systématiquement la résistance à Atherigona parmi les critères de sélection lors de la recherche de variétés adaptées aux conditions du pays.

Nous connaissons mieux Contarinia sorghicola grâce à l'étude faite par COUTIN au Sénégal de 66 à 69. Les très importantes pullulations de la cécidomyie sont favorisées par son multivoltinisme (une génération évolue en 15 jours) et par le mélange de variétés de sorgho de cycle différent qui prolonge la durée de l'épiaison, c'est-à-dire de la période pendant laquelle la cécidomyie peut déposer ses oeufs dans les panicules en fleur. Les entomophages ont été recensés : les deux parasites larvaires ; Eupelmus popa Gir ; et Tetrastichus diplosidis Grawf et l'anthocoride prédateur Orius punctatocollis Reuter ne parviennent pas à freiner valablement l'infestation.

Il existe des différences de sensibilités entre les variétés de sorgho. Parmi 20 variétés locales de Haute Volta, BONZI en 79 distingue trois d'entre elles plus résistantes. Les variétés 970 et 174 possèdent des glumes enveloppantes ne s'ouvrant pas à l'anthèse alors que la 324 s'ouvre normalement. Cette dernière, placée en différentes situations, reste très peu attaquée en toutes circonstances.

On devra donc tenir compte de la résistance ou de la sensibilité variétale, notamment lors de la recherche de variétés tardives de cycle long qui subissent les effets de la gradation de l'infestation de la cécidomyie. L'étude des composantes d'un ensemble variétal dans une même localisation doit également tenir le plus grand compte de l'éventail de la période d'épiaison qui en découle.

LE MAIS. Dans le cas du maïs, ce sont les lépidoptères foreurs qui semblent les plus nuisibles. Parmi eux Sesamia calamistis, Busseola fusca est en cours en Haute Volta et en Côte d'Ivoire. Ces foreurs qui sont polyphages font l'objet d'études écologiques concernant plusieurs cultures. C'est le cas d'Eldana saccharina étudié sur maïs par l'ORSTOM et sur canne à sucre par l'IRAT en liaison avec les exploitations sucrières de Haute Volta et de Côte d'Ivoire. En vue de la lutte intégrée contre ce foreur, les capacités adaptatives de plusieurs entomophages ont été observées en laboratoire (Lixophaga diatraeae, Pediobius parvulus, Tetrastichus sp., Trichogramma sp.) sans possibilités d'adaptation sur le terrain.

LE RIZ. De toutes les cultures vivrières, le riz est celle qui a été la plus étudiée par l'IRAT dans le cadre des instituts sénégalais et ivoiriens de recherches agronomiques. Les insectes nuisibles au riz ont été inventoriés, les plus importants faisant l'objet d'observations écologiques

en liaison avec la recherche d'une lutte intégrée faisant la part de la lutte chimique et de la lutte agronomique et biologique. L'inventaire des entomophages des lépidoptères foreurs : chilo zacconius, Maliarpha separatella, Scirpophaga melanoclista, Sesamia calamistis est bien engagé, notamment au Sénégal (Casamance) où un entomologiste de l'IRAT apporte son concours à l'ISRA. L'introduction d'Apanteles chilonis a été tentée en Casamance et serait à renouveler sur une plus grande échelle. D'autres introductions sont en projet.

D'autre part, en Côte d'Ivoire, un entomologiste de l'IRAT exécute dans le cadre de l'IDESSA un programme de recherches sur la résistance du riz pluvial aux insectes ravageurs et s'insère à l'équipe multidisciplinaire de l'amélioration variétale du riz pluvial. Les premiers résultats ont fait apparaître des différences nettes entre variétés locales ou introduites.

Voici donc l'essentiel des recherches engagées par les instituts du GERDAT en Afrique en matière de lutte biologique des cultures vivrières de la zone soudano-sahélienne.

Il convient d'ajouter à ces actions, celles qui sont entreprises en France à Montpellier dans les laboratoires centraux des instituts et qui concernent également le domaine de la lutte biologique.

Il convient de remarquer, en effet, que les exigences de la mise en oeuvre d'opérations de lutte nécessitent non seulement une parfaite connaissance des biocénoses et de leurs mécanismes mais qu'à ces données de terrain doivent s'ajouter des informations sur la taxonomie des entomophages, les techniques d'élevages de masse des hôtes et des parasites, la connaissance des phéromones naturelles et synthétiques, les isolements et l'évaluation de la virulence des souches virales ou bactériennes entomopathogènes, et bien entendu le rassemblement de la documentation sur les entomophages susceptibles d'être introduits.

Conscient de la diversité des problèmes et des obstacles, le GERDAT a rassemblé à Montpellier des moyens et des chercheurs dans le but de faire progresser ces recherches préparatoires à des opérations de lutte biologique et de les rendre opérationnelles.

Le GERDAT dispose d'un service de faunistique, un laboratoire de nutrition et d'élevages d'insectes, une cellule d'étude des entomophages, un laboratoire des entomopathogènes et une équipe d'écologistes.

Le Service de Faunistique prend en charge une partie des identifications en liaison avec le Muséum de Paris. Le Chef de ce service est un taxonomiste chevronné. Il procède au tri préliminaire afin de diriger les échantillons vers les spécialistes les plus qualifiés. L'accent est porté sur l'identification des hyménoptères parasites, mais en ce domaine, le petit nombre de spécialistes est un sévère handicap pour l'établissement d'inventaires précis pourtant nécessaires.

Le Laboratoire de Nutrition et d'Elevages d'Insectes est chargé de la mise au point de techniques d'élevages sur milieu artificiel des ravageurs et de leurs entomophages. Les entomologistes de l'IRCT et de l'IRAT contribuent à ces recherches. Ces mises au point sont nécessaires pour obtenir une production en quantités importantes d'un ravageur pour divers usages : élevages d'entomophages en grandes quantités, étude et contrôle des phéromones, réalisation de tests de résistance variétale des plantes en conditions d'infestation contrôlée, production de microorganismes entomopathogènes.

Rappelons que pour assurer l'adaptation d'un entomophage, il convient de multiplier les tentatives dans l'espace et dans le temps. Par exemple, à la Réunion, il a fallu lâcher 142 000 individus de la tachinaire indonésienne pendant 5 ans avant d'être certain de son incapacité à s'adapter aux conditions locales. A Madagascar, il a fallu 42 lâchers d'Apanteles flavipes échelonnés sur 6 mois pour assurer son implantation alors que des lâchers dispersés n'avaient pas abouti quelques années auparavant.

De plus, lorsqu'il s'agit de ravageurs sahéliens ou soudaniens qui ne possèdent qu'une ou deux générations annuelles, il importe de libérer les auxiliaires le plus tôt possible pendant la période d'accroissement de la population et pour cela il est utile de disposer d'élevages d'hôtes et de parasites multipliés en conditions semi-artificielles ou artificielles au cours de la saison sèche précédente.

Actuellement, les ravageurs étudiés sont des pyrales et des noctuelles nuisibles au Cotonnier, à la Canne à sucre et aux graminées tropicales.

Les techniques d'élevage de masse sur milieu artificiel sont au point pour Heliothis armigera, Cryptophlebia leucotreta, Earias biplaga, Spodoptera littoralis, Chilo zacconius, C. partellus, S. calamistis, Diatraea saccharalis, Proceras sacchariphagus, Eldana saccharina, Hypsipyla robusta. Nous sommes en mesure d'élever ces hôtes en quantités importantes selon les besoins et entreprendre des élevages de masse de certains de leurs parasites. Nous avons élevé ainsi : Goniozus proceras, Apanteles chilonis, A. flavipes et étudié les capacités adaptatives de plusieurs hyménoptères et diptères sur Eldana saccharina.

La cellule d'étude des entomophages se développe. Elle s'oriente sur les trichogrammes en liaison avec l'équipe de l'INRA d'Antibes dirigée par Mr VOEGELE. Ce programme, engagé depuis peu, consiste dans l'isolement des souches locales de trichogrammes parasites des foreurs du cotonnier et des graminées. Ces souches sont comparées avec les souches tropicales répertoriées dans la collection de l'INRA afin de mieux déterminer leur potentialité.

L'étude porte sur l'évaluation des potentialités biotiques et des capacités olfactives de chaque souche à l'égard des oeufs hôtes présentés.

Une cellule d'étude des entomopathogènes a été créée dernièrement pour assurer la liaison avec les pays tropicaux, regrouper et ventiler le matériel en transit et valoriser ainsi les actions conjointes poursuivies au sein des différentes institutions.

Dans l'immédiat, les travaux de cette cellule se limitent à l'étude des Baculovirus en raison de la législation actuelle. En effet, la reconnaissance par l'O.M.S. de la non-pathogénicité pour les Vertébrés des virus inclus (Baculovirus) offre des perspectives nouvelles en lutte biologique ou intégrée. Les récentes découvertes de non-spécificité de certaines maladies virales chez les Lépidoptères (Polyédroses nucléaires d'Autographa californica, de Mamestra brassicae et de Scotia segetum élargissent les horizons, un seul et même agent microbiologique pouvant être appliqué contre un complexe de plusieurs ravageurs nuisibles à une culture, par exemple : Spodoptera - Heliothis - Diparopsis dans le cas de la culture cotonnière. Les mêmes perspectives pourraient être envisagées pour les cultures vivrières (riz, sorgho, maïs, etc...) et autres cultures.

Outre le but essentiellement pratique consistant à aiguiller le matériel vers les laboratoires plus hautement spécialisés sur les recherches de lutte biologique sur les entomophages, le programme de cette cellule comporte dans un premier temps les activités suivantes :

- Echange et collecte de matériel concernant les Baculovirus.
- Participation à une banque de Baculovirus d'origine tropicale.
- Premier screening des souches collectées, en utilisant le matériel sain en provenance du laboratoire de nutrition du GERDAT et suivant les demandes.
- Maintien des souches et première étape de purification en vue de l'identification (les identifications ne peuvent être en effet assurées par le laboratoire de St Christol (INRA) qu'après une certaine purification des échantillons).
- Etude des agents "protectants", de techniques d'inclusion, de la résistance aux U.V., en conditions contrôlées, en coopération avec l'INRA (La Minière) et en relation avec des établissements de produits phytosanitaires.
- Etude des substances attractives et phagostimulantes utilisables en association avec les polyédroses, travail pouvant être poursuivi en relation avec le laboratoire de nutrition des insectes de Montpellier (GERDA) et le laboratoire INRA des médiateurs chimiques.

EQUIPE D'ECOLOGISQUES

Le GERDAT dispose également d'une équipe d'écologistes spécialisés en matière d'acridologie. Leurs travaux ont permis de déterminer les

conditions de pullulation dans les pays du Sahel des acridiens petits mi grateurs appelés sauteriaux.

L'évaluation des facteurs écologiques dont dépend la vie de l'acridien conduit à l'identification des facteurs de contrainte limitant leur développement et leurs pullulations. A partir de ces éléments, il a été possible d'établir une modélisation écologique conduisant à un modèle prévisionnel. Appliqué à plusieurs cas, notamment à Oedaleus senegalensis. LAUNOIS parvient à expliquer l'apparition des pullulations et pense pouvoir rendre le modèle exploitable pour la prévision et l'organisation de la lutte.

Cette équipe, bien que n'ayant pas eu l'occasion de travailler en vue de la lutte biologique peut appliquer ses résultats à d'autres problèmes que l'acridologie. Elle est apte à rassembler les éléments d'une agrobiocénose, en analyser les contraintes, et faire ressortir les voies essentielles d'une lutte intégrée.

LES ACTIONS EN COURS DU GERDAT EN MATIERE DE LUTTE BIOLOGIQUE EN REGION SAHELIENNE

Nous venons de donner un aperçu sur les moyens dont le GERDAT dispose à Montpellier.

En zone sahélienne, le GERDAT dispose de deux entomologistes (IRAT) pour les cultures vivrières et 5 pour le coton (IRCT).

Ces chercheurs sont intégrés aux institutions nationales qui sont l'ISRA au Sénégal, le Ministère de la Recherche Scientifique de Haute Volta, l'Institut d'Economie Rural au Mali et l'Institut de Recherche Agronomique au Cameroun.

Sur riz, les études portent essentiellement sur la biologie et l'écologie des ravageurs, l'inventaire des entomophages et leurs rôle économique et en liaison avec le GERDAT à Montpellier, des introductions d'entomophages étrangers pouvant s'implanter sur les lépidoptères foreurs du riz. En liaison avec la sélection, le tri variétal à l'égard de la résistance aux principaux ravageurs est entrepris.

En Haute Volta, le programme concerne principalement la Cécidomyie du Sorgho à l'égard de laquelle la résistance variétale est recherchée en équipe avec le sélectionneur.

Il en est de même de la mouche du pied : Atherigona soccata.

L'inventaire des insectes du maïs se poursuit en liaison avec des chercheurs du GERDAT et de l'ORSTOM en Côte d'Ivoire.

En matière cotonnière, les aspects lutte biologique engagés par l'IRCT portent essentiellement sur les entomopathogènes :

Ils comprennent à Bouaké en Côte d'Ivoire, l'expérimentation au champ d'une combinaison d'une granulose (Cryptophlebia) et de deux polyedroses nucléaires (Heliothis armigera et Spodoptera littoralis).

A Maroua (Cameroun), l'expérimentation porte sur l'association de deux polyedroses nucléaires, celle de Mamestra brassicae agissant sur Diparopsis watersi et celle d'H. armigera sur cette même espèce. On y étudie également l'action de Bacillus thuringiensis sur Cosmophila flava et Sylepta derogata en association avec le complexe précédent.

Tous ces insectes, à l'exception de D. watersi sont des polyphages. Dans le cadre du Sahel, l'étude des entomopathogènes est sans aucun doute une voie à explorer qui peut concerner à la fois plusieurs cultures vivrières et légumières (Niébé, Arachide, Gombo, Tomate...).

Les recherches sur les trichogrammes constituent une voie dans laquelle l'action du GERDAT est engagée à la fois sur le terrain et en laboratoire à Montpellier. Au Sénégal, en effet, dans la région de Kaolack, un chercheur à temps partiel procède aux prospections des trichogrammes locaux et amorce l'élevage de souches dans le but de définir les capacités parasitaires de ces souches à l'égard de D. watersi sur coton, Raghuva sur Mil, Chilo sp. sur riz et H. armigera sur coton et cultures associées.

Le programme au stade actuel se limite à l'étude des capacités biotiques et adaptatives de ces souches comparativement à d'autres souches étrangères. Il est également prévu en liaison avec le CILSS et le Centre de développement horticole de Cambérène une étude préliminaire sur les possibilités de contrôle de populations d'Heliothis armigera, sur cultures de tomates par réalisation de lâchers successifs de trichogrammes dont le choix de la meilleure souche sera défini par les résultats des études entreprises à Montpellier.

Enfin, en matière de phéromones, nous avons entrepris avec la participation du laboratoire de l'INRA spécialisé sur les médiateurs chimiques les recherches des analogues de synthèses des phéromones de Chilo zacconius, Cryptophlebialeucotreta, Heliothis armigera... Earias biplaga, Spodoptera littoralis, Diparopsis watersi, Hypsipyra robusta.

La production de plusieurs phéromones de synthèse est en cours. Cette étude est à poursuivre dès cette année par l'expérimentation au champ des produits obtenus.

A cette énumération des actions en cours, nous devons ajouter celles que nous pourrions engager selon les besoins et si les moyens en étaient donnés. Le GERDAT dispose en effet, par exemple, de spécialistes en matière de cultures fruitières, à l'IRFA (Institut de Recherches sur les Fruits et

Agrumes) qui pourraient engager ou suivre des opérations de lutte biologique contre les cochenilles des agrumes qui pullulent en régions sahéliennes.

On remarquera, dans cet ensemble d'opérations que la particularité du GERDAT réside dans l'étroite liaison entre les actions de terrain et les recherches de base réalisées en laboratoire, principalement à Montpellier.

En effet, les structures, services et laboratoires de Montpellier ne se justifient que pour et par les programmes réalisés sur le terrain.

Notre dispositif est en voie d'accroissement à Montpellier, par contre il reste faible en Afrique, notamment en région sahélienne.

CAPACITE DE CONTRIBUTION DU GERDAT A DES PROJETS COOPERATIVES DE LUTTE BIOLOGIQUE

C'est pourquoi le dispositif du GERDAT peut s'exprimer dans le cadre de projets coopératifs bilatéraux ou internationaux dans lesquels une juste répartition des moyens et des programmes permet à chacun, selon sa compétence et ses structures, d'apporter sa part. (Tableau ci-après)

Dans le cas de la lutte au moyen des entomophages, le GERDAT peut apporter sa contribution par la participation aux inventaires, la mise au point de techniques d'élevage de masse fiables, notamment sur milieux artificiels permettant une production abondante en toute saison.

Notre structure montpellieraine nous permet d'assurer des multiplications d'entomophages en quantités assez importantes pour pouvoir engager des tentatives d'introductions.

Les études écologiques nécessaires peuvent être entreprises soit par nos chercheurs sur place, soit en coopération avec les institutions nationales ou les instituts internationaux.

Cependant, toute introduction d'entomophage nécessite la mise en place d'une opération présentant une envergure assez grande pour être significative. Il faut reconnaître que jusqu'à présent les moyens ont manqué pour en assurer la réalisation.

Chaque opération devrait recevoir un financement propre, réparti entre les différents partenaires qui contribuent à l'ensemble de l'opération : obtention des entomophages - études préliminaires écologiques, dynamique des relations hôtes - parasites - élevages des entomophages, leur multiplication, préparation des lâchers, leur exécution et contrôle des résultats - diffusion de l'insecte introduit au delà de la zone des lâchers. Un processus analogue s'applique également aux recherches et aux applications concernant les tri-chogrammes, les phéromones et bien sûr les entomopathogènes.

Le GERDAT est en mesure de participer à de telles entreprises avec ses partenaires africains certes, mais aussi dans le cadre de plans d'assistance internationale.

Plus particulièrement, en ce qui concerne la recherche de la résistance variétale notre petite équipe peut s'insérer à une programmation plus vaste, notamment celle de l'ICRISAT en matière de résistance du sorgho à contarinia et Altherigona.

Dans le cas du riz, les recherches s'articulent avec celles coordonnées par l'ADRAO.

Voici sommairement exprimés et sans entrer dans les détails les possibilités et les choix du GERDAT en matière de lutte biologique et intégrée concernant les cultures sahéliennes.

Nos possibilités ne sont pas négligeables mais sont très insuffisantes pour faire ressortir à court terme les effets bénéfiques de la lutte biologique. La coopération en ce domaine est éminemment souhaitable afin de rassembler les moyens sur des buts limités.

Nous avons besoin de prouver que la lutte biologique peut apporter dans ces pays de réelles améliorations économiques et non pas seulement de belles théories agréables pour les intellectuels mais stériles pour les agriculteurs.

La tâche est longue, nous n'en sommes qu'aux balbutiements aussi faut-il pour avancer mettre les bouchées doubles en rassemblant les efforts de tous ceux qui peuvent contribuer aux recherches à leur structuration et bien entendu à leur financement.

Pour le moment, il est urgent de savoir si nous pouvons espérer sur le continent africain des améliorations consécutives à des introductions d'entomophages originaires d'autres continents. Nous ne savons pas quelles pourraient être les applications des phéromones sur les cultures vivrières. Nous entrevoyons à peine des possibilités en matière d'implantation de certains entomopathogènes à large spectre d'action. Nous ignorons enfin, mais sans doute avec de meilleures chances de succès quel pourrait être l'effet de l'amélioration variétale tenant compte de la résistance aux insectes.

La voie est large, trop peut-être, aussi faut-il la canaliser.

MONTPELLIER, Janvier 1981.

PLAN OPERATIONNEL DE LUTTE BIOLOGIQUE

Entomophages - Entomopathogène

RECHERCHES DE BASE

Relations hôtes-parasites
Ecologie quantitative
Taxonomie des entomophages
Etude des entomopathogènes
Etudes des phéromones

MISES AU POINT TECHNIQUES

Elevage de masse des entomophages
Cultures et multiplication des entomopathogènes
Production et évaluation des phéromones de synthèses

RELATIONS INTERNATIONALES

Collecte des produits biologiques
à l'échelle mondiale

O.I.L.B. - C.I.B.C. -
Organis. Rech. Biol.

APPUI OPERATIONNEL

Organisme de recherches national

Assistance technique extérieure

Fourniture du "produit biologique" en quantités nécessaires

PAYS BENEFICIAIRE

RASSEMBLEMENT DES DONNEES ECOLOGIQUES SUR LE TERRAIN

EVALUATION DES POSSIBILITES TECHNIQUES DE REALISATIONS OPERATIONNELLES

DECISION D'OPERATION PILOTE

CHOIX : SITE OPERATIONNEL
Observations écologiques
avant et après l'opération

FINANCEMENT SPECIFIQUE

—— Conception technique et scientifique émanant d'un organisme de recherche qualifié

---- Intervention sur le terrain

---- Recherches et réalisations techniques pouvant être réalisées par (ou en collaboration) ;

- des organismes de recherches fondamentales les plus spécialisées (Museum, Universités...)
- " d'assistance technique (GERDAT, INRA...)
- " de recherches nationales des pays bénéficiaires.

BIBLIOGRAPHIE

I - ENTOMOPHAGES

- APPERT J., BETBEDER-MATIBET M., RANAIVOSOA H., 1969 - Vingt années de lutte biologique à Madagascar - Agro. Trop. (24) - 555-572.
- APPERT J., RANAIVOSOA H., 1971 - Un nouveau succès de la lutte biologique à Madagascar : contrôle des foreurs de la tige de Maïs par un parasite introduit Pediobius furvus Gahan - Agro. Trop. (26) - 327 - 331.
- BETBEDER-MATIBET M., MALINGE P., 1967 - Un succès de la lutte biologique : contrôle de Proceras sacchariphagus Boj. borer ponctué de la canne à sucre à Madagascar par un parasite introduit, Apanteless flavipes Cam. - Agro. Trop. (12) - 1196-1220.
- BETBEDER-MATIBET M., 1969 - Elevage et biologie de Diadegma stellenboschense (Hymen, Ichneu.), parasite de Phthorimaea operculella. - Agro. Trop. (24) - 600-609.
- BETBEDER-MATIBET M., 1970 - Un essai de lutte biologique contre Gnorimoschema operculella Zell. la teigne des feuilles de Tabac à Madagascar - Agro. Trop. (25) - 1032-1040.
- BOURNIER J-P. et PEYRELONGUE J., 1973 - Introduction, élevage et lâchers de Trichogramma brasiliensis Ashm. (Hym. Chalcididae) en vue de lutter contre Heliothis armigera Hbn (Lép. Noctuidae) à Madagascar. Cot. Fib. Trop., Juin 1973, Vol. 28, (2) - 231-237.
- BOURNIER J-P., 1979 - Note sur une souche nouvelle de Trichogrammes parasitant les oeufs de Diparopsis watersi Roths au Sénégal - Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical - Marseille, 13-16 Mars 1979.
- BOURNIER J-P., 1979 - Elevage sur milieux artificiels d'Earias insulana Boisdu (Lépidoptère Noctuidae). Cot. Fib. Trop., 34, (3), 329-331

- BOURNIER J-P., 1979 - Rapport scientifique annuel - Lutte biologique à l'aide d'Hyménoptères parasites du genre Trichogramma contre certains lépidoptères ravageurs dans les systèmes de culture Sahéliens. (Non publié) - Présenté le 20 Décembre 1979 au Comité Scientifique de la D.G.R.S.T.
- BOURNIER J-P., 1975 - Sur la reproduction parthénogénétique de Trichospilus diatraeae. Bull. Soc. Entom. Fr., Mai-Juin 1975, 80 - 116-118.
- BRENIERE J., 1965 - Les Trichogrammes parasites de Proceras sacchariphagus Boj. borer de la canne à sucre à Madagascar - Entomophaga (10) - 83-96 ; 99-117 ; 119-131 ; 273-294.
- BRENIERE J. PFEFFER P., BETBEDER-MATIBET M., ETIENNE J., 1966 - Tentative d'introduction à Madagascar et à la Réunion de Diatraeophaga striatalis, parasite de Proceras sacchariphagus borer ponctué de la canne à sucre - Entomophaga (11) - 231-8.
- COUDIN B., GALVEZ F. 1976 - Biologie de l'acarien du Palmier-dattier Oligonychus afrasiaticus (Mc Gregor) en Mauritanie. Fruits, 31 (9) 543-550.
- DELATRE R., 1969 - Compte rendu de la visite à la "Indian Station, CIBC" de Bangalore (Inde) - Juillet 1969 (multigraphié, non publié).
- ETIENNE J., 1968 - Two years rearing of the javanese tachinid, Diatraeophaga striatalis Towns., a parasite of the cane moth-borer Proceras sacchariphagus Boj. in Reunion island - Proc. 13th Congress ISSCT, Taiwan - 1305-20.
- ETIENNE J., 1971 - Tentative d'implantation de deux espèces de Tachinaires contre Chilo sacchariphagus à la Réunion - Agro. Trop. (3) - 337-340.
- ETIENNE J., 1973a - Elevage permanent de Pardalaspis Cyanescens (Dipt. Trypetidae) sur hôte végétal de remplacement - Annales Soc. Ent. France 9 (4) - 853-860.

- ETIENNE J., 1973b - Conséquences de l'élevage continu de Lixophaga diatraeae (Dipt. Tachinidae) sur l'hôte de remplacement Galleria mellonella (Lep. Galleridae) - Entomophaga (18) - 193-203.
- ETIENNE J., 1983c - Lutte biologique et aperçu sur les études entomologiques diverses effectuées à la Réunion - Agro. Trop. (6-7) - 683-687.
- ETIENNE J., 1978a - Contrôle biologique à la Réunion de Trioza erytreae (Homopt. Spyllidae) au moyen de Tetrastichus dryi (Hym. Eulophadae) Fruits (33) - 877-882.
- ETIENNE J., 1978b - Introduction à la Réunion de Cales noaki How. (Hymenopt. Aphelinidae) pour lutter contre Aleurothrixus floccosus Mask. (Homopt. Aleurodidae) - Fruits (33) - 883-886.
- IPERITI G., LAUDEHO Y., 1968 - Intervention bio-écologique en Adrar mauritanien destinée à lutter contre la cochenille du Palmier-Dattier. Fruits (23) - 10 - 543-552.
- JACQUEMARD P., 1969 - Contribution à l'étude de la biologie d'Eurcarcelia evolans (Wied.) parasite de Diparopsis watersi (Roths.), au Cameroun Fédéral. Cot. Fib. trop. Vol. 24, Fasc. 4.
- JACQUEMARD P., 1971 - Thèse de Doctorat 3^e cycle Eucarcelia sur Diparopsis.
- LAUDEHO Y. ORMIERE, IPERTI G., 1969 - Les entomophages de Parlatoria blanchardi - I, Etudes biologiques et écologiques préliminaires - Ann. Zool. Ecol. France I, 17-30. II. Etude d'un parasite Gregarina - Ann. Zool. Ecol. fr. II - 395-406.
- LAUDEHO Y. ORMIERE, IPERTI G., 1970 - Les entomophages de Parlatoria blanchardi - III. Introduction, acclimatation - Ann. Zool. Ecol. Fr. II - 617-638.
- LAUDEHO Y. BENASSY Y.C., 1969 - Contribution à l'étude de l'écologie Parlatoria blanchardi Targ. en Adrar Mauritanien - Fruits, 24 - (5) - 273-288.

- LAUDEHO Y., CHOPPIN de JANVRY E., IPERTI G., BRUN J., 1969 - Intervention bio-écologique contre la Cochenille blanche du palmier-dattier : Parlatoria blanchardi Targ. en Adrar mauritanien de 1966 à 1969. Fruits, 25 (3) - 147-160.
- PEYRELONGUE J. et BOURNIER J-P., 1974 - Earias insulana Boisd (Lép. Notuidae) et ses parasites sur Abutilon asiaticum L; (Malvacées) dans la région Sud-Ouest de Madagascar. Cot. Fib. Trop. - 29 - (2) - 241-245.
- TOURNEUR J-C., VILARDEBO A., 1975 - Estimation du degré d'infestation du palmier dattier par Parlatoria blanchardi. Fruits, 30 (10) - 631-640.
- TOURNEUR J-C., LECOUSTRE R., 1975 - Cycle de développement et table de vie de Parlatoria blanchardi et de son prédateur exotique en Mauritanie Chilocorus bipustulatus. Fruits, 30 (7-8) - 481-487.
- TOURNEUR J-C, PHAM A., HUGUES R., 1975 - Evolution des infestations de Parlatoria blanchardi au cours de l'année dans l'Adrar mauritanien. Fruits, 30 (11) - 681-685.
- TOURNEUR J-C., HUGUES R., 1975 - Evolution annuelle des populations de Chilocorus bipustulatus, prédateur importé de Parlatoria blanchardi. Interaction hôte-prédateur. Fruits, 30 (12), 773-782.
- TOURNEUR J-C., HUGUES R., PHAM A., 1976 - Efficacité prédatrice de Chilocorus bipustulatus. Dans la lutte contre Parlatoria blanchardi. Assainissement des palmeraies de l'Adrar et du Tagant Mauritaniens. Fruits, 31 (1) - 61-66.
- TOURNEUR J-C., LENORMAND C., et Coll. 1976 - Intervention bio-écologique au Niger destinée à lutter contre la Cochenille du palmier-dattier Parlatoria blanchardi par l'introduction de Chilocorus bipustulatus. Fruits, 31 (12), 763-773.
- VILARDEBO A., 1971 - Interventions pour lutter contre la cochenille du palmier-dattier - Mission IRFA (1971 (non publié).

VILARDEBO A., 1975 - Enquête diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies de dattiers du S-E. Algérien - Bull. Agri. Sahara, 1 (3) - 1-27.

II. ENTOMOPATHOGENES

- AMARGIER A., et Al., 1968 - Un complexe de viroses : granulose - polyédrie cytoplasmique chez le lépidoptère Argyroploue leucotetra Meyrick, Cot. Fib. Trop. 23, (4) 413-416.
- ANGELINI A. et LE RUMEUR C., 1962 - Sur une maladie à virus d'Argyroploue leucotetra découverte en Côte d'Ivoire. Cot. Fib. Trop. 17, 291-297.
- ANGELINI A. et VANDAMME P. - 1964 - Une virose intestinale chez Diparopsis watersi. Cot. Fib. Trop. 19, (2).
- ANGELINI A. et AL., 1965 - Une virose à granules chez le lépidoptère Argyroploue leucotetra - Cot. Fib. Trop. 20 (2) - 277-282.
- ANGELINI A. et LABONNE V., 1970 - Sur une technique d'élevage d'Heliothis armigera Hubn. et une possibilité de production de virose nucléaire en Côte d'Ivoire - 25 (4) - 501-504.
- ANGELINI A. et COUILLOUD R., 1972 - Les moyens de lutte biologique contre certain ravageur de cotonnier et une perspective sur la lutte intégrée en Côte d'Ivoire - 27 (3) - 283-289.
- ATGER P., 1969 - Une virose à localisation nucléaire chez Diparopsis watersi. Cot. Fib. Trop. 24 (2) - 205-206.
- ATGER P., 1969 - Observations sur la polyédrose nucléaire d'Heliothis armigera Hbn. au Tchad. Cot. Fib. Trop. 24 (2).
- ATGER P. et JACQUEMARD Ph., 1965 - Maladies bactériennes de Diparopsis watersi Rotsch. (Lep. : Noctuidae). II. Isolement d'un bacille pathogène. Cot. Fib. Trop. 20 - (2) - 287-288.

- ATGER P., 1970 - Note sur les microorganismes entomopathogènes des ravageurs du cotonnier en Afrique utilisés ou découverts par l'I.R.C.T. Cot. Fib. Trop. 25 (4) - 521-524.
- ATGER P. et CHEVALET Y., 1975 - Bref aperçu sur une épizootie virale chez Cosmophila flava F. (Noctuidae) dans les cotonnier au Mali, 30 (3) 371.
- CROIZIER G., AMARGIER A., GODSE D., JACQUEMARD P., DUTHOIT J-L., 1980 - Un virus de polyédrose nucléaire découvert chez le lépidopère noctuidae D. watersi Roth, nouveau variant du Baculovirus de A. californica Spreyer. 35 (4).
- JACQUEMARD P., 1965 - Maladies bactériennes de Diparopsis watersi Rotsch. (Lep. Noctuidae) - 1. Mise en évidence - Cot. Fib. Trop. 20 (2) Juin 1965.
- JACQUEMARD P., 1966 - Polyédrose chez Amsacta sp. (Lép. Arctiidae) parasite phyllophage du cotonnier au Tchad. Cot. Fib. Trop. 21 (2).
- JACQUEMARD P. et DELATTRE R., 1977 - Action pathogène du virus de la polyédrose nucléaire d'Autographa californica Spreyer sur Diparopsis watersi Roth (Lep. Noctuidae) 32 (3) - 249-252.
- JACQUEMARD P., 1978 - Action pathogène du virus de la polyédrose nucléaire de Mamestra brassicae L. sur D. watersi - 33 (2) - 307-308.
- VANDAMME P. et ANGELINI A., 1966 - Complexe pathogène chez Heliothis armigera Hub. en Côte d'Ivoire - Cot. Fib. Trop. 21 (4) - 333-338.
- VIGIL O.B., 1971 - Multiplication en laboratoire et lâchers de Trichogramma sp. en vue de lutter contre Heliothis zea (Boddie) et Alabama argillacea Hb. en El Salvador (C.A.) - Cot. Fib. Trop. 26 (2).

III. PIEGEAGE

- ANGELINI A. et COUILLOUD R., 1972 - Observations sur le piégeage sexuel chez Cryptophlebia (= Argyroploce) leucotreta Meyr. - 27 (3) - 273-281.
- ANGELINI A., COUILLOUD R., DELABARE M., LHOSTE J., 1976 - Effet attractif des isomères de l'acétate de 8 dodecényl pour les mâles de Cryptophlebia leucotreta Meyr. (Lepidoptère) - 31 (3) - 373-374.
- ANGELINI A., DESCOINS C., LE RUMEUR C., LHOSTE J., 1980 - Nouveaux résultats obtenus avec un attractif sexuel de Cryptophlebia leucotreta Meyr. (Lepidoptera). Cot. Fib. Trop. (35) 277-281.
- BRADER L. et BREUKEL M., 1968 - L'âge des papillons de Diparopsis watersi Roths. pris au pièges lumineux au Tchad - Cot. Fib. Trop. 23 (4) 477-481.
- BRADER L. et Al., 1964 - 1968 - Quatre années d'observations aux pièges lumineux en culture cotonnière au Tchad - Cot. Fib. Trop. - 23 (4) - 469-475.
- BRADER L. et BREUKEL M., 1969 - Modalités de l'attraction sexuelle chez Diparopsis watersi Roths. Observations écologiques et expérimentales dans le cadre des phénomènes de reproduction (Thèse Doctorat 1969) - Cot. Fib. Trop. 24 (3-4) - 251-297 et 361-375.
- BRADER L. et BREUKEL M., 1970 - Lutte contre Diparopsis watersi Roths et Heliothis armigera Hb. attraction sexuelle et chimiostérilisation - Cot. Fib. Trop. 25 (4) - 505-508.

IV. METHODES D'ELEVAGES

- ANGELINI A. et LABONNE V., 1970 - Sur une technique d'élevage d'Heliothis armigera (Hub.) et une possibilité de production de virose nucléaire en Côte d'Ivoire - Cot. Fib. Trop. 25 (4) - 501-504.

- BETBEDER-MATIBET M., COQUARD J., BORDAT D., 1977 - Eldana saccharina Walk. - Technique d'élevage sur milieu artificiel et observations sur sa biologie au laboratoire - Agro. Trop. (32) - 174-179.
- BORDAT D., 1978 - Chilo zacconius, technique d'élevage sur milieu artificiel et observations sur sa biologie en laboratoire - Agro. Trop. (33) - 337-343.
- BORDAT D., 1980 - Sesamia calamistis Hmps., une technique pratique d'élevage de masse sur milieu artificiel. Agro. Trop. (35) - 35-40.
- BRENIERE J., 1979 - Cultures vivrières et céréalières - Rapport de synthèse - Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical - 13-19 Mars 1979, Marseille - 471-480.
- COQUARD J. BRENIERE J., 1979 - Chilo zacconius, foreur du riz en Afrique de l'Ouest : fécondité sur milieu artificiel - Agro. Trop. (34) 174-179.
- COUILLOUD R., GIRET M., 1980 - Multiplication d'Heliothis armigera Hubn. (Noctuidae) - Améliorations possibles grâce à l'adoption d'une technique d'élevage en groupe des chenilles, Cot. Fib. Trop. 35 (2) 217-224.
- COUILLOUD R. et GIRET M., 1980 - Elevage de Cryptophlebia leucotreta Meyr. (Lep. : Tortricidae) - Cot. Fib. Trop. - 35 (2) - 225-228.
- VANDAMME P., et ANGELINI A., 1968 - Comparaison de trois milieux nutritifs artificiels pour l'élevage d'Heliothis armigera (Hub.) Cot. Fib. Trop. - 23 (4) - 417-422.
- VIGIL O.B., 1971 - Multiplication en laboratoire et lâchers de Trichogramma sp. en vue de lutter contre Heliothis zea (Boddie) et Alabama argillacea Hb. en El Salvador (C.A.) - Cot. Fib. Trop. 26 (2).

GTZ - PROJETS DE PROTECTION DES VEGETAUX ET DES CULTURES APRES
RECOLTE - DE PAR LE MONDE -

Carlos Klein-Koch & Ludwig Luchtrach

Résumé

Description de la création et des activités de l'Office Allemand de Coopération Technique (GTZ). Il est souligné que de par la façon dont il fonctionne, il ne peut suivre de stratégie particulière en matière de lutte biologique. Il existe cependant parmi les partenaires du Tiers Monde une tendance à mettre l'accent sur une approche intégrée de la lutte contre les ravageurs. C'est pourquoi la plupart des activités du projet ont trait à la lutte contre les ravageurs. Discussion de différents aspects des projets de protection des végétaux et des cultures.

GTZ: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
German Agency for Technical Cooperation, Ltd (GTZ)
Office Allemand de Coopération Technique, SARL (GTZ)

L'Office Allemand de Coopération Technique a été fondé en 1975 par le Ministère Fédéral de la Coopération Economique (BMZ). Il remplace l'ancien GAWI.

Le gouvernement allemand a créé une agence à responsabilité limitée pour permettre au GTZ de réagir plus promptement aux sollicitations de ses partenaires et d'oeuvrer plus efficacement au bénéfice de ses partenaires en employant des agents d'extension sous contrat plutôt que des représentants officiels du gouvernement.

Cette agence emploie environ 2000 personnes, dont deux tiers travaillent à l'étranger et un tiers au Siège situé à Eschborn

tout près de Francfort. L'Office fonctionne comme une entreprise fournissant des services techniques; il est placé sous la tutelle du Ministère Fédéral de la Coopération Economique, et fournit des services à la demande de ses partenaires du Tiers Monde. Cependant, il participe également à une plus petite échelle à des projets dans des pays qui payent directement les services fournis (ex. l'Arabie Saoudite).

Une liste de ^{ses} différentes activités de par le monde serait trop longue. Nous nous attacherons ici à ne mentionner que les projets ayant trait à la protection des végétaux et des cultures, qui jouent un rôle primordial dans le cadre de la coopération technique agricole que fournit la République Fédérale d'Allemagne. La contribution allemande s'élève à plus de 50 millions de dollars.

Etant donné que GTZ agit selon les besoins des pays concernés, il n'utilise pas de stratégie précise dans le domaine de la protection des végétaux. Les projets ont pour but de satisfaire les différents besoins de chaque pays et visent en général à la création ou à la mise en valeur de services nationaux de protection des végétaux. Ceci comprend la fourniture de conseils, de systèmes de dépistage précoce, d'équipement de pulvérisation, de véhicules et d'insecticides.

Sous cet aspect général sont regroupés la plupart des 26 projets de protection des végétaux et des cultures menés au Maroc, au Nicaragua, au Niger, au Nigéria, aux Philippines, au Togo, à Tonga, au Yemen, etc.

D'autre part, il existe des types de projets plus spécifiques tels que le projet de lutte contre la jacinthe d'eau au Soudan, celui de

la lutte contre *Oryctes rhinoceros* aux Iles Samoa, ou encore le projet de lutte contre la rouille du café, *Hemileia vastatrix* en Colombie.

Il existe actuellement une tendance à réduire les pertes alimentaires grâce à l'utilisation de méthodes de lutte intégrée. GTZ a donc entrepris des programmes visant à utiliser des pesticides plus spécifiques et à introduire des parasites et prédateurs d'autres pays pour augmenter le potentiel antagoniste naturel, équilibrer les attaques de ravageurs et ainsi relever le seuil économique.

La coopération en matière de lutte intégrée regroupe les projets menés dans les Iles du Cap Vert, la République Dominicaine et les Iles Samoa. Le projet de lutte intégrée des Iles du Cap Vert est exposé au cours de cette conférence dans le rapport détaillé présenté par la directrice Générale de la Protection et de la Production des Végétaux, au Ministère du Développement Rural, Mme Maria Luisa Lobo-Lima. Les autres projets de lutte intégrée suivent plus ou moins le même modèle.

L'utilisation croissante des insecticides a entraîné d'importants problèmes en ce qui concerne le contrôle des résidus. Les méthodes d'analyse des résidus étant onéreuses et délicates, GTZ favorise la création d'un programme sur les résidus d'insecticides au niveau supra-régional qui aiderait les pays en voie de développement à créer des laboratoires d'analyses en leur fournissant du matériel et une assistance technique.

L'un des principaux buts de l'agence est le transfert des

connaissances techniques de son personnel qualifié vers leurs homologues nationaux. Les problèmes que les ravageurs posent au niveau national font l'objet de réunions, de séminaires et de publications de documents techniques. Tous nos projets offrent aux partenaires des bourses d'études approfondies soit dans leurs pays, soit en Allemagne, soit dans d'autres pays.

GTZ a de plus préparé un manuel de protection des végétaux à l'usage d'une grande variété de pays: "Maladies, Ravageurs et Plantes Nuisibles des Cultures Tropicales", édité par J. Kranz, de H. Schmutterer et W. Koch, Hambourg 1977. Des versions française et espagnole sont en cours d'imprimerie. La version allemande a été éditée en 1979. Ce livre a été écrit par des professeurs de s univer sités de Giessen et Hohenheim sur la recommandation d'agents d'extension allemands.

Enfin, la section presse de l'agence édite une série de publications (GTZ - Schriftenreihe) qui fournit aux projets - et à toute personne intéressée - des informations générales et particulières sur différents sujets. La protection des végétaux est l'un des sujets qui suscite le plus d'intérêt. Cette série qui compte plus de 100 titres poursuit ses activités.

GTZ s'intéresse également à des programmes de recherche. La réalisation d'un projet dans le domaine de la production de végétaux nécessite un extraordinaire effort de recherche. Il est non seulement nécessaire d'identifier la plupart des organismes ravageurs mais aussi d'analyser la possibilité de mener des actions de lutte. En dehors de ces activités générales, il existe des projets

qui ne traitent que d'un élément ravageur particulier, comme par exemple la lutte contre la rouille du café (*H. vastarix*) en Colombie. Ce projet recherche les facteurs qui provoquent la résistance des plants de café, et participe à la mise en place d'un système de dépistage précoce grâce à l'utilisation de procédés météorologiques et de mesures de quarantaine.

Cet aspect recouvre également le projet supra-régional des substances insecticides actives naturelles. Le pyrethrum produit à partir de *Chrysanthemum cinerariaefolium* est reconnu comme un insecticide naturel qui a une grande activité devastatrice et présente une faible toxicité pour les mammifères.

Des travaux de recherche dans le cadre de ce projet ont été entrepris afin de découvrir d'autres substances produites par les plantes et de démontrer leur potentiel de lutte contre les ravageurs. Ces travaux décrivent la localisation, l'extraction et la sélection des substances d'origine végétale, leur origine et leur mode d'action (propriétés répulsives, anti-nutritives, insecticides). Une propagation à grande échelle a actuellement lieu au Togo. On y enseigne la préparation des extraits de graines et de feuilles de l'une des substances les plus prometteuses de l'arbre neem (*Azadirachta indica*) et on y teste ses possibilités. D'autres extraits de plantes sont en préparation. L'emploi de ces substances permet une plus grande autonomie dans l'obtention de pesticides en éliminant pratiquement le problème de résidus.

On estime les pertes subies après les récoltes à 20-30%. Alors que

la régulation des densités de population de ravageurs par des prédateurs et parasites représente la forme idéale de lutte contre les ravageurs, les possibilités de la lutte biologique pour la protection des denrées stockées sont très limitées. Le lâcher de prédateurs et parasites dans des locaux de stockage n'est certainement pas justifiable. Le nombre d'insectes en serait décuplé, et n'appartiendrait pas à l'espèce du ravageur. Les insectes bénéfiques produisent également des matières métaboliques, excréments et cadavres. En dépit des aspects bénéfiques éventuels, et du point de vue médical, hygiénique et psychologique, ces circonstances suggèrent un emploi minimum de méthodes de lutte biologique sur les produits alimentaires stockés.

Le meilleur moyen de réduire les pertes de produits stockés est d'effectuer une bonne protection des végétaux. C'est ainsi qu'au niveau national, les projets de protection après les récoltes du GTZ sont étroitement liés à la protection des végétaux dans des pays tels que les Iles du Cap Vert, le Niger, les Philippines, Tonga et les Iles Samoa. D'autre part, l'Office mène un projet supra-régional sur les produits stockés. Il est exécuté selon la demande des organismes homologues correspondants. Son but est de réduire les pertes, surtout au niveau des paysans, afin de leur procurer ainsi une plus grande quantité de nourriture et une augmentation de leur revenu.

ORGANISATION DE L'UNITE AFRICAINE
COMMISSION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET DE LA RECHERCHE
CONSEIL PHYTOSANITAIRE INTERAFRICAIN
B.P. 4170 NLONGKAK - YAOUNDE - CAMEROUN

CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LE CONTROLE
BIOLOGIQUE DES RAVAGEURS - POTENTIALITE EN
AFRIQUE OCCIDENTALE (DAKAR - 9 - 13/2/1981

L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE LUTTE BIOLOGIQUE (OILB)

- 1 - Définition et structure (organes)
- 2 - Objectifs
- 3 - Création de la section régionale en Afrique
- 4 - Procédure et coût d'adhésion des membres à L'OILB

Par Abel Lebrun MBIELE
Secrétaire Scientifique de l'OUA/CSTR/CPI
BP: 4170 Nlogkaka
YAOUNDE, CAMEROUN

I - DEFINITION ET SIEGE DE L'OILB

1) L'OILB est une association de biologistes dont les travaux de recherche sont axés sur l'intégration des hyperparasites dans le processus du contrôle économique des populations des ravageurs en agriculture, en sylviculture et dans le domaine de la santé publique.

2) La lutte biologique signifie donc l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les pertes ou les dégâts que provoquent les insectes ravageurs sur les plantes, partie de plantes et sur les produits végétaux en agriculture, en sylviculture ainsi que pour prévenir ou réduire les méfaits des insectes ou d'autres ravageurs nuisibles à la santé de l'homme.

3) L'OILB a son siège en SUISSE (Switzerland) et bénéficie du statut d'une identité juridique, son Secrétariat Général se trouvant à Paris (France).

II - SES OBJECTIFS/FONCTIONS

Elle a pour rôle :

1) de promouvoir:

a- le développement de la lutte biologique et son intégration aux programmes de lutte antiparasitaire,

b- La coopération internationale dans le domaine de la lutte biologique ;

2) de mener: une action nationale ou internationale:

- de recherches;

- de formation du personnel;

- en vue d'amener le public à prendre conscience de la lutte biologique, et de son importance économique et sociale.

3) de coordonner et d'encourager l'application de la lutte biologique sur une grande échelle ;

4) de recueillir, d'évaluer et de diffuser des informations sur la lutte biologique;

5) de convoquer des conférences, des groupes de travail et des symposia sur des thèmes relatifs à la lutte biologique;

6) de prendre toute autre mesure nécessaire pour l'exécution des objectifs généraux de l'organisation;

7) et de consulter, de collaborer ou de signer des accords y afférents avec des organisations nationales, internationales, gouvernementales ou intergouvernementales, et dans le cadre des objectifs susénumérés.

III - LES ORGANES (STRUCTURE) DE L'OILB

L'OILB dispose:

A/ - d'une assemblée générale, ouverte à tous les membres de l'organisation,

a)- se réunit environ tous les quatre ans et de préférence en conjonction avec les congrès internationaux ; elle peut également se réunir en session spéciale sur la demande d'au moins de 1/5 de ses membres ou sur la décision du conseil;

b)- élit :

b1 - Le Président, le Vice-Président et le Trésorier (non rééligibles pour un second mandat consécutif au même poste)

b2 - Le Secrétaire Général (éligible pour un mandat consécutif au même poste).

c) - décide de toute modification éventuelle des statuts.

d) - fournit des informations sur les affaires de l'organisation et donne aux membres l'occasion d'exprimer leurs opinions sur les activités de l'organisation et de faire des recommandations au conseil.

B/ - d'un conseil

1 - composé des membres du Comité Exécutif et d'un représentant de chacune des sections régionales. Le conseil se réunit au besoin une fois tous les deux ans.

2 - Le conseil peut inviter tout expert à participer à ses réunions en tant que conseiller.

3 - Il est responsable du fonctionnement de l'organisation notamment dans le domaine de:

a) la stimulation de la coopération internationale,

b) Conseils à donner et des informations à diffuser en matière de la lutte biologique intégrée,

c) La promotion et de l'approbation de la création de sections régionales et de la coordination des activités inter-régionales,

d) La mise au point des programmes de coopération avec d'autres organisations internationales,

e) La présentation de rapport sur l'état d'avancement et sur les programmes annuels d'activités aux membres et aux assemblées générales;

f) La préparation du budget;

g) La préparation de l'ordre du jour des réunions de l'assemblée générale;

h) L'organisation du scrutin par voie postale.

4 - Le Conseil crée des services d'intérêt général pour les membres notamment la documentation, l'information et la publication et peut agir en d'autres termes pour la promotion des objectifs de l'organisation.

5 - Il formule et modifie les règlements internes,

6 - Toutes ses décisions sont prises à la majorité des voix exprimées, celle du Président étant prépondérante en cas de partage des voix.

7 - Le Conseil adopte ses propres règles de procédure et désigne les personnes habilités à signer au nom de l'organisation.

C/ - d'un Comité Exécutif

Composé du Président en exercice, du Président sortant, des Vice-Présidents et du Secrétaire Général.

1 - Il peut désigner un membre pour occuper un poste devenu vacant entre deux élections, et ce pour la période effective du mandat.

2 - Il est responsable de l'exécution des décisions du Conseil et se réunit toutes les fois que c'est nécessaire. Il rend compte de ses activités au Conseil dont il sollicite le concours en cas de mesures d'urgence à prendre.

D/ LES SECTIONS REGIONALES

1 - L'OILB dispose dans ses structures de quatre sections régionales autonomes opérationnelles:

No.	SECTIONS REGIONALES	ZONES COUVERTES
1	Ouest paléartique	Europe Occidentale, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient
2	de L'Hémisphère Occidentale	Tout le Continent Américain
3	du Sud-Est Asiatique	Asie du Sud et de l'Est
4	Est paléartique	Tous les pays du COMECON

2 - Elles sont autonomes dans leur structure, leur financement, la procédure de leurs activités, à la seule condition que ces procédures soient compatibles avec les statuts de l'organisation et la politique générale du Conseil.

3 - Les statuts et les règlements internes des sections régionales et leurs modifications sont soumis à l'approbation du Conseil.

4 - Chacune des sections régionales désigne un représentant auprès du Conseil et se charge des frais de sa participation ou de ceux de son mandataire aux réunions du Conseil.

5 - Des projets sont en cours pour la création des sections régionales autonomes en:

- a) zone pacifique australe et en
- b) Afrique.

IV - LA SECTION REGIONALE ET L'OILB EN AFRIQUE

La création d'une section régionale de l'OILB est subordonnée à une demande formulée par trois membres institutionnels se trouvant au moins dans plus d'un pays de la région concernée. Les sections sont découpées autant que possible, selon les zones biogéographiques, bien que parfois la communauté d'intérêt et les ressources scientifiques, économiques et d'autres aspects soient en mesure d'influencer les décisions relatives à leur nombre et à leur dimension.

Pour le cas de la création de la section régionale en Afrique, le Secrétariat Scientifique de l'OUA est déjà en possession des instruments d'adhésion, en provenance d'un certain nombre de Biologistes Africains, adhésion exprimée par le canal de leur gouvernements respectifs; il s'agit notamment de ceux de :

- République Centrafricaine
- Siérra-Léone
- Djibouti.

De nombreux autres gouvernements membres ont aussi émis des avis favorables bien que leur adhésion ne soit pas encore effective à ce jour.

En effet, de nombreux cas de contrôle biologique des populations d'insectes ravageurs des plantes cultivées, par leurs hyperparasites naturels, sont signalés dans certains pays membres de l'OUA; c'est le cas par exemple de constatations :

1) du Dr. Yeboa. A. Yeboa (1979) dans ses recherches sur les insectes ravageurs de plantes à fibres au Ghana, où il a fait mention:

- a1) Des cas de la destruction des larves de Spodoptera Litteralis Boisd. (Noctuidae) infestant les feuilles, les bourgeons, les fleurs de gombo, par Peribaea orbata W. (tachinid) à Kwadaso (GHANA) ;
- a2) Des nymphes de Xanthodes graellsii Freisth (noctuidae) par Sisyrona stylata (tachinide) ;
- a3) De Dysdercus supersticiosus (Fabr.) par Phonoctonus Fasciatus P.B. et P sribimpictus Stal (Hémiptère reduviidae).

2) - du Dr. S.O. Boboye (1974) qui a signalé dans ses études sur l'ensemble d'insectes phytophages des Agrumes au Nigéria, l'hyperparasitisme de coccophagus Princeps Silv. et coccophagus sp. sur coccus hisperidum y infestant les agrumes.

Ces exemples sont énumérés parmi tant d'autres constatés par les chercheurs africains au cours de leurs travaux encore éparses.

Honorables participants, nul n'ignore l'intérêt technique, économique et social d'une lutte biologique bien conduite qui, par opposition à lutte chimique souvent onéreuse (qui pollue le milieu traité) par d'importantes quantités de résidus phytotoxiques et

toxiques aux manipulateurs et aux consommateurs des objets traités, n'introduit dans le milieu que des insectes bienfaiteurs qui ne sont autre chose que des auxiliaires bien appréciés de nos agriculteurs et de nous-mêmes.

La création de la section africaine de l'OILB permettra à notre continent en général et aux Etats membres de l'OUA en particulier, de bénéficier sur le plan national et sous-régional, régional ou multi-régional, d'un ensemble de programme de recherches scientifiques coordonnées et suivies en matière de la lutte biologique en agriculture, sylviculture et dans le domaine de la santé publique.

L'intervention directe de l'OILB allègera les tâches techniques et financières de nos chercheurs biologistes en la matière, contribuera à moyen ou à long terme à la réduction sensible des efforts financiers que consentent certains agriculteurs africains dans la destruction chimique des ravageurs potentiels de leurs productions et réduira indirectement la passivité, l'inertie qui a souvent caractérisé l'attitude de la plupart de nos paysans devant les dévastations économiques catastrophiques de leurs cultures par des parasites techniquement contrôlables.

L'OILB, sur le plan technique continental, sera pour les biologistes de la protection des végétaux, le moyen technique de base autour duquel pourront s'articuler la coordination et la coopération technique continentale de tous vos divers programmes nationaux ou autres de recherches en matière de lutte biologique en agriculture, sylviculture et des domaines s'y rattachant.

Notre section une fois mise au point, contribuera sur le plan africain à l'élaboration des projets coordonnés de recherches en fonction des problèmes nationaux, régionaux et multirégionaux, que posent les infestations des insectes ravageurs sur nos cultures et assumera leur exécution rationnelle.

A ce propos, je me permets de vous joindre en annexe à titre indicatif, le récapitulatif de certains projet de recherche en matière de la lutte biologique contre les ravageurs des cultures, projets orchestrés, coordonnés et suivis sur le territoire du Royaume-Uni par l'une des sections de l'OILB, avec le concours directe de l'OEPP.

Pourquoi le continent africain ne pourra-t-il pas bénéficier d'une action similaire auprès de l'OILB avec celui du Conseil phytosanitaire Interafricain ? Elle rassemblera et diffusera conformément aux objectifs de l'Organisation, des informations scientifiques utiles en matière de la lutte biologique en Afrique et d'ailleurs.

Honorables biologistes, le renforcement de nos activités de recherches dans ce domaine entraînera pour la plupart des interventions chimiques, la résolution technique et économique rationnelle de nombreux problèmes inhérents à la protection des végétaux notamment ceux de :

- a - l'accoutumance des insectes ravageurs ;
- b - la pollution de l'environnement en résidus toxiques et phytotoxiques ,
- c - l'économie des interventions,
- d - l'instauration et le renforcement de la coopération technique sous-régionales, multirégionale et internationale en matière de la lutte biologique contre les ravageurs etc...

Ce sont là autant d'avantages techniques et financiers qui plaident en faveur de l'installation de la section africaine de l'OILB.

Adhésion et Obligations Financières de Membres

Voir le document introduit par le Secrétaire Général de l'OILB à PARIS.

L'INSTITUT DE LUTTE BIOLOGIQUE DU COMMONWEALTH

Departement de Lutte Biologique des Bureaux
Agricoles du Commonwealth (BAC), associé à
L'Agriculture Mondiale

Par:
Fred D. Bennett
Directeur de
L'Institut de Lutte Biologique
du Commonwealth
Gordon Street, Curepe
Republique de Trinidad et Tobago

L'INSTITUT DE LUTTE BIOLOGIQUE DU COMMONWEALTH

Departement de Lutte Biologique du BAC/Bureaux
Agricoles du Commonwealth, associé à l'Agriculture Mondiale 1

Par Fred D. Bennett 2

L'Institut de Lutte Biologique du Commonwealth (ILBC) établi en tant qu'annexe de l'Institut d'Entomologie du Commonwealth en 1927 fournit des services à l'échelon mondial, en matière de Lutte biologique appliquée. L'ILBC exploite tout un réseau de stations et ses services peuvent être offerts à tout pays.

L'ILBC est prêt à établir des unités ou à entreprendre des investigations dans la plupart des pays du Monde, pourvu que des raisons et financements adéquats soient disponibles.

Pour replacer l'ILBC dans son propre contexte, il est nécessaire de définir brièvement les activités de son organisation parallèle, les Bureaux Agricoles du Commonwealth (BAC). Fondés en 1929, les BAC comprennent un siège, quatre Instituts et dix Bureaux. Cette organisation est contrôlée par un Conseil Exécutif comprenant des représentants de 26 pays-membres qui fournissent le soutien financier de base. Cette organisation emploie approximativement 185 hommes de science et 200 membres appartenant au personnel de renfort.

Les BAC servent la cause de la science agricole en fournissant des services en matière d'Information, d'Identification et de Lutte Biologique.

SERVICE D'INFORMATION DES BAC

Les BAC servent d'entrepôts de liquidation pour la collecte, la confrontation et la dissémination d'informations de valeur à des agronomes dans toutes les parties du Monde. Cette couverture mondiale est publiée dans 42 journaux dont 40.000 copies sont vendues annuellement dans 150 pays.

Depuis 1973, les journaux ont été produits grâce à des opérations d'assistance au moyen d'ordinateur. Le nombre d'enregistrements, c'est-à-dire des extraits de journaux scientifiques, augmente de plus de 150.000 unités par an, et les données des BAC contiennent déjà plus d'un million d'enregistrements.

1 Communication présentée à la Conférence Régionale de l'USAID sur la Protection Alimentaire "Lutte Biologique contre les Parasites et sa potentialité en Afrique de l'Ouest" Dakar, Sénégal, 9.13 février 1981

2 Directeur, Institut de Lutte Biologique du Commonwealth, Gordon Street, Curepe, République de Trinidad et de Tobago, Antilles Anglaises.

Le Centre de données d'Extraits (de journaux) est accessible à partir de diverses sources telles que le Dialogue de Lockheed, l'Orbite du SDC, l'IRS de l'Agence Européenne de l'Espace, et le DIMDI. Une information détaillée sur cette question ainsi que sur d'autres aspects des services des BAC est disponible à partir du Siège des BAC, à Farnham House, Farnham Royal, Slough, Royaume Uni.

La recherche manuelle constitue un moyen efficace très élevé pour entreprendre des recherches de littérature (de Référence). Les écrits en question peuvent être trouvés rapidement et des imprimés obtenus, ce qui épargne des heures et des heures d'effort manuel. Le coût de recherche au Centre de Données des BAC est inférieur à 35 livres (anglaises) par heure pour les services d'ordinateur avec charges additionnelles pour les télécommunications et l'impression.

La plupart des recherches coûtent moins de 30 livres. Des copies de plus 3.000 recherches rétrospectives antérieures sont disponibles à bon marché. Les BAC peuvent également fournir des copies de la plupart des documents originaux dont les extraits figurent au Centre de Données. Des bandes magnétiques sont disponibles pour ceux qui désirent faire des recherches sur les extraits de journaux des BAC, sur leurs propres ordinateurs.

SERVICES D'IDENTIFICATION DES BAC

Une identification exacte d'un parasite ou d'un microbe pathogène de plante est vitale pour planifier une stratégie de lutte. L'identification d'insectes et des Acariens (rites), des micro-champignons et des bactéries, d'helminthes d'animaux et d'hommes, et de nématodes entomophiles et phytoparasites est couverte par l'Institut d'Entomologie du Commonwealth (IEC) de Mycologie (IMC) et d'Helminthologie (IHC).

Ces instituts fournissent des services d'identification efficaces et sûrs aux agronomes et biologistes du monde entier. Les services sont gratuits pour les pays membres des BAC tandis que les autres, y compris les organisations commerciales des pays membres sont normalement requis de payer des droits. Les pays en voie de développement où il existe un représentant régional de la FAO peuvent demander une assistance financière de la FAO. En plus de l'octroi d'informations, ces instituts offrent également d'autres services y compris la préparation de publications d'extraits (de journaux) et de recherches, des cours de formation en taxonomie, des rétablissements d'information, des cartes de répartition de parasites et de maladies ainsi que des services consultatifs.

Service de lutte biologique des BAC

L'Institut de Lutte Biologique du Commonwealth exploite toute une série de stations dans plusieurs parties du monde et offre des services au niveau international pour la lutte contre les parasites des plantes, les animaux ou des hommes grâce à la manipulation de leurs ennemis naturels. Ces services comprennent l'évaluation des situations causées par les parasites et des mauvaises herbes, des conseils sur l'importance des agents de lutte biologique, la coopération au niveau de projets d'exploitation de lutte biologique et de parasites et ce, sur une large échelle, l'exploitation et la fourniture d'agents biotiques, la vulgarisation d'informations sur la lutte

biologique et la formation en méthodes de lutte biologique. A l'heure actuelle, l'ILBC, qui est le seul Institut des BAC à avoir son Siège en dehors du Royaume-Uni, possède des bases régionales de première importance à Trinidad (où se trouve son siège), en Inde, au Pakistan et en Suisse ainsi que des unités du même ordre au Ghana, en Malaisie, et au Mexique. Des négociations ayant pour but d'ouvrir une unité régionale au Kenya et qui deviendrait opérationnelle en Avril 1981 ont été terminées en Janvier 1981. L'ILBC exploite également un Service d'Information en Angleterre et les études d'expansion de ce Département afin qu'il comprenne une unité de recherche et de développement sont en progrès.

Même si l'activité majeure de l'ILBC a toujours été l'application de la lutte biologique particulièrement la lutte biologique classique. Cet organisme remplit néanmoins plusieurs autres fonctions.

a) la vulgarisation d'informations ayant trait à la lutte biologique: une contribution importante et actuelle de l'ILBC consiste en la préparation de Catalogues des ennemis naturels des parasites? arthropodes. Deux séries de Catalogues - la première comprenant les enregistrements des ennemis naturels pour la période allant de 1913-1937 et la seconde pour les années 1938 à 1962 - ont été complétées. Des fiches sont actuellement en préparation pour un troisième catalogue lequel sera éventuellement basé sur une banque de données obtenues par ordinateur.

L'ILBC publie également des revues régionales relatives à la lutte biologique: celles concernant l'Australie, le Canada, la Région Ethiopienne, l'Asie du Sud-Est, le Pacifique, et l'Europe de l'Ouest et du Sud sont publiées. Les revues ayant trait aux Antilles et à l'Europe de l'Est sont en cours de préparation et le Canada a accepté d'en préparer une sur les activités récentes de la lutte biologique au Canada.

En 1980, l'ILBC a commencé la publication d'un nouveau journal composé d'extraits scientifiques (Nouvelles et Informations de Lutte Biologique (NILB) ,) issu trimestriellement. En plus des extraits, ce journal contient de courts articles sur les programmes de lutte biologique actuels, des avis de réunions à venir, des revues de livres, des rapports de conférence, et un article de revue. L'Institut prépare également des documents de synthèse qui résument les connaissances antérieures relatives aux groupes importants de parasites ou de mauvaises herbes et qui étudient les stratégies à adopter.

b) FORMATION: L'ILBC a fourni des cours de formation pratiques dans ses stations principales pendant plusieurs années. Les novices passent des périodes allant de quelques jours à plusieurs semaines à travailler de concert avec les techniciens de l'ILBC afin d'avoir une expérience pratique en matière d'élevage d'ennemis naturels et de leurs hôtes et de participer aux programmes de dissémination et d'estimation. Egalement, les membres du personnel de l'ILBC qui ont des relations avec des Universités de pays voisins co-supervisent des étudiants au maitrise et Doctorat ès Sciences qui font leurs recherches à l'ILBC. En 1980, l'ILBC a tenu son Premier Cours International de Formation dans sa Station Indienne où 18 étudiants venant de 13 pays ont participé au cours de quatre semaines. Un cours similaire qui doit avoir lieu à Trinidad est prévu pour la mi- 1982.

c) Application de la lutte biologique: La fonction principale de l'ILBC a traditionnellement été celle d'un fournisseur d'agents biotiques. Cette activité est multiple; elle peut concerner des projets primitifs pour lesquels peu ou pas de recherche antérieure a été faite et qui nécessitent deux années ou plus d'études de développement avant l'introduction de tout organisme. Elle peut également avoir trait à des commandes "par correspondance" pour la fourniture d'ennemis naturels qui ont été utilisés ailleurs et qui peuvent être obtenus immédiatement et à bon prix. L'ILBC maintient des relations étroites avec des organisations telles que la FAO, l'OMS, l'ODA, la GTZ, l'Agence de Développement des Etats-Unis pour l'Agriculture, L'IDRC etc, et sert de consultant pour leur compte et s'engage dans des recherches ou dans la lutte biologique appliquée.

Ses activités ne sont pas strictement limitées à la lutte biologique entre les parasites et mauvaises herbes. L'ILBC entreprend actuellement des investigations relatives à la pollination du palmier à Huile en Malaisie et au Cameroun. Ces dernières ont démontré le rôle d'un groupe de charençons, à savoir ceux appartenant à l'espèce Elaeidobius spp, qui sont les principaux fécondateurs du palmier à huile en Afrique de l'Ouest. La première espèce - E- Kamerunicus a été introduite en Malaisie et en Papouasie - Nouvelle Guinée où des disséminations expérimentales de ces insectes spécifiques qui se nourrissent de l'inflorescence mâle usée du palmier à huile ont été faites en début de l'année 1981.

Succès de l'ILBC en matière de lutte biologique

Les investigations dans lesquelles l'ILBC a joué un rôle majeur ou mineur ont conduit à des succès éclatants dans de nombreuses parties du Monde (ILBC, 1980) Certaines d'entre elles sont çl-incluses à cause de leur importance pour la zone Sahélienne et ont pour objectif de démontrer que la lutte biologique peut être accomplie sous différents climats et contre des parasites d'une très grande variété de culture.

FRUITS TROPICAUX

La lutte biologique classique a obtenu son premier succès majeur lorsque la Cochenille Icerya Purchasi fut vaincue grâce à l'importation de la coccinelle Australienne Rodolia cardinalis. Cet insecte s'est également avéré un excellent exemple du type de service" par correspondance" au moyen duquel des ennemis naturels vérifiés peuvent être envoyés sur le champ vers d'autres pays. Depuis 1980, année pendant laquelle le succès a été patent en Californie, l'espèce Rodolia Cardinalis a été distribuée à plus de 35 pays . L'ILBC a participé dans ce cadre, à plusieurs occasions.

Au Pérou, la Cochenille des Sables, autrement appelée cochenille rouge des Antilles (Selen aspidus articulatus) a été tenue pour l'un des parasites majeurs du citron, c'est à dire pour un parasite qui dût être vaincu grâce à des applications de pesticides lesquelles, à leur tour, établissent l'équilibre entre d'autres parasites et leurs ennemis naturels. Après des investigations préliminaires dans les Antilles qui menèrent à la conclusion que la Cochenille était d'origine Africaine, l'ILBC a fourni le parasite Aphytis Roseni en provenance du Kenya.

Cela résulta en une lutte satisfaisante et fournit également une composante essentielle pour la lutte intégrée contre les parasites du Citron au Pérou.

L'ILBC a également aidé à l'introduction de parasites du thysanoptère (Thrips) du Citron-Aleuro canthus woglumi et ce, dans plusieurs pays d'Afrique et des Antilles à la suite de leur introduction positive au Mexique grâce aux efforts conjoints des Etats-Unis et du Mexique.

L'Elatère de la banane - Erinota Thrax - Une tordense - (tortracidés) de l'Asie du Sud-Est fut vaincu à la suite de son apparition en Ile Maurice grâce au parasite de l'oeuf Ooencyrtus erinotae et au parasite larvaire Apanteles erinotae.

Cultures de plantation

En plus du rôle de l'ILBC dans l'introduction de fécondateurs du palmier à huile de l'Afrique de l'Ouest en Malaisie, cet Institut a aidé au développement d'un programme réussi d'exploitation de parasites pour les parasites du palmier à huile en Malaisie.

La cochenille de la noix de coco - Aspidiotus destructor - dont on vint à bout dans les îles Fidji il y a plusieurs années grâce à l'introduction de coccinelles à partir de Trinidad, a produit les mêmes ennemis naturels lorsque l'on l'introduisit à Principe grâce à l'ILBC (Simmonds 1960).

PARASITES DES FORETS ET ESSENCES D'OMBRE

Au Canada, le tenthrède (mouche à scie) du mélèze fut combattu avec assez de satisfaction entre 1910 et 1913 grâce à l'introduction du parasite européen Mesoleius tenthredinus. Les résurgences qui eurent lieu dans les années 1940 ont été attribuées au développement d'une espèce de l'insecte hôte capable d'encercler totalement les larves des parasites. Des recherches effectuées en Europe ont conduit à l'introduction en 1961 d'une espèce Bavaroise du même parasite qui avait moins cette tendance (à encercler les larves) et qui s'avéra satisfaisante. Un autre succès majeur obtenu au Canada survint à la suite de l'introduction de deux parasites Cyzenis Albicans et Agropyron Flavellatus à partir de l'Europe pour venir à bout de la phalène d'hiver Européenne.

Les projets de lutte biologique contre les parasites de forêts tropicales comprennent la mite du Pin. Oligonychus milleri, un parasite du Pinus Caribbaea en Jamaïque, l'insecte térébrant de l'Acajou - Hypsipyla Grandella dans les Antilles et le Pineus pini au Kenya et à Hawaï.

Parasites des Graminées

Aux Antilles, quelques uns des premiers succès en lutte biologique ont été accomplis grâce à l'introduction de parasites pour la lutte contre l'insecte térébrant de la canne à sucre Diatraea saccharalis. Les recherches ont continué et un succès éclatant a été obtenu dans les îles Barbades à la suite de l'établissement de l'espèce Lixophaga diatraeae et de l'asiatique Apanteles Flavipes,

et ce, au milieu des années 1960. En 1970, les parasites avaient réduit les dommages de 16% à moins de 6% et ont depuis cette date maintenu une lutte satisfaisante sans que l'on ait recours à d'autres disséminations. L'ILBC a acheminé l'espèce Apanteles Flavipes au Brésil où plusieurs millions d'entre eux ont été disséminés chaque année pour lutter contre les insectes térébrants de la canne à sucre.

En Tanzanie et en Ile Maurice, la cochenille blanche de la canne à sucre Aulacaspis tegalensis a été vaincue grâce à des parasites et à des prédateurs fournis par l'ILBC.

MAUVAISES HERBES (PLANTES ADVENTICES)

L'ILBC a entrepris des recherches qui ont conduit à un contrôle spectaculaire de plusieurs plantes adventices dont Opuntia tricantha à Nevis, Eriocereus Martinii dans le Queensland, en Australie, Cordia Curassavica en île Maurice, au Srilanka, et dans la Péninsule Malaisienne.

Les recherches portant sur les ennemis naturels de Chromolaena Odorata sont d'une importance particulière pour l'Afrique de l'Ouest. Dans la station de l'ILBC des Antilles, plusieurs ennemis naturels ont été examinés. L'ILBC a également introduit ou fourni les ennemis naturels de Lantana Camara à plusieurs pays Africains et Asiatiques. L'ILBC a étudié les ennemis naturels des herbes gourmandes appartenant à l'espèce Striga spp. et une fois que les ennemis naturels auront été étudiés en zone Sahélienne, l'Institut pourrait fournir des cultures des espèces les plus prometteuses.

L'Institut a également été actif en ce qui concerne la lutte biologique appliquée aux plantes adventices aquatiques, en particulier l'Osmonde royale Salvinia molesta et la jacinthe aquatique Eichhornia crassipes, et a entrepris des recherches préliminaires en ce qui concerne la laitue aquatique Pistia Stratiotes.

ROLE POTENTIEL DE L'ILBC EN AFRIQUE DE L'OUEST

Dans la zone Sahélienne, il y a eu relativement peu de tentatives d'obtention de lutte biologique contre des espèces de parasites grâce à l'introduction d'ennemis naturels exotiques. Avec l'environnement sévère qui prévaut au Sahel, il se peut qu'il soit difficile d'obtenir des parasites et des parasites qui s'adaptent immédiatement à la région. D'autre part, aux endroits où des études ont été effectuées dans le Sahel, il s'est avéré que des ennemis naturels existent bel et bien. Donc, il est probable que l'introduction d'autres espèces à partir de zones à climat identique pourrait compléter l'action des espèces autochtones et ainsi alléger certains problèmes créés par les parasites. Il a été démontré que la Cochenille blanche du Palmier dattier Parlatoria blanchardi peut être combattue en introduisant Chilocorus bipustulatis même si des disséminations périodiques peuvent être nécessaires.

Il existe de nombreux parasites et certaines plantes adventices dans cette région à propos desquels des recherches de lutte biologique ont été entreprises ailleurs. L'ILBC possède de l'expérience en ce domaine et peut fournir ses soins d'expert pour plusieurs de ces parasites et herbes qui soulèvent des problèmes chroniques et urgents au niveau de la région.

1. La Cochenille des Serres (Aleurode) du Manioc Phenacoccus manihoti: (est) une espèce néotropicale qui se propage rapidement en Afrique de l'Ouest, cause de sérieux dommages et même des échecs au niveau des cultures. Grâce à une subvention de l'IDRC, les entomologistes de la Station des Antilles font des recherches sur les ennemis naturels, lesquels seront après fournis à la Région par l'intermédiaire de l' , ou directement aux parties intéressés.

2. La mite néotropicale verte du Manioc - Mononychellus Manihoti : introduite en Afrique de l'Est sur les boutures de Manioc, la mite s'est rapidement propagée à travers l'Afrique. L'ILBC a fait des recherches sur ses ennemis naturels dans les Néotropiques et pourra fournir des cultures aux pays de l'Afrique de l'Ouest lorsque la mite soulèvera un problème.

3. Insectes térébrants des tiges des Graminées

L'ILBC a entrepris des recherches sur les ennemis naturels des insectes térébrants des tiges, en Afrique de l'Est, en Afrique de l'Ouest, en Inde, au Pakistan et dans les Néotropiques. L'Institut a éprouvé la compatibilité de plusieurs parasites provenant d'Asie avec leurs Néotropicaux insectes térébrants des tiges et vice-versa et peut fournir des cultures d'ennemis naturels issus de ces régions pour des essais en Afrique de l'Ouest. L'Institut peut enfin fournir des conseils et son assistance dans la constitution d'élevages de parasites et de programmes de manipulations.

4. Le moucheron du Sorgho Contariria Sorghicola - Voici un parasite cosmopolite du sorgho. Ses ennemis naturels sont connus pour leur présence dans de nombreuses régions du monde, mais il est nécessaire d'établir un programme global afin de faciliter l'échange régional des ennemis naturels. L'ILBC, avec son réseau de stations est bien placé pour entreprendre cette activité.

5. Chromolaena Odorata: Plante néotropicale composée également connue sous le nom scientifique d'Eupatorium Odoratum fut accidentellement introduite en Afrique de l'Ouest il y a de nombreuses années et continue de se propager, sous contrôle.

L'ILBC a fait des investigations et entrepris des tests de sécurité à l'aide de certains de ses ennemis naturels et a recommandé des essais au moyen de deux espèces, l'une Pareuchetes pseudoinsulata (dénommée, dans des écrits antérieurs, Ammalo Insulata) et qui est un défoliateur , et l'autre, Apion brunneonigrum, un charençon des graines.

6. *Striga* spp. plantes adventices phytoparasites (witchweeds).

Ces plantes adventices qui sont des phytoparasites, agissant au niveau des racines d'autres plantes, particulièrement les graminées, sont des parasites dangereux en Afrique de l'Ouest. L'ILBC a entrepris des recherches sur leurs ennemis naturels en Inde et en Afrique de l'Est (Girling et Al. 1980) et peut fournir un personnel expérimenté pour évaluer la situation en Afrique de l'Ouest et s'assurer du point de savoir si l'introduction d'ennemis naturels supplémentaires est justifiée.

7. Plantes adventices aquatiques: Les problèmes liés aux plantes adventices aquatiques existent déjà dans quelques retenues d'eau en Afrique de l'ouest, à savoir Eichhornia Crassipes au Sénégal, au Nigéria, au Congo et au Zaïre, et Pistia Stratiotes dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest.

L'ILBC a étudié les ennemis naturels de ces derniers et également ceux de la fougère aquatique Salvinia Molesta et peut offrir ses services d'assistance technique et la fourniture d'ennemis naturels.

En résumé, avec son réseau de stations et son personnel, avec son expérience mondiale en matière de lutte biologique, l'ILBC peut offrir une assistance variée. Il peut fournir des consultants, à court terme, pour conseiller en matière d'établissement de programmes de lutte biologique et à tracer les grandes lignes des institutions de lutte biologique dans la région, ainsi qu'à recruter le personnel de ces dernières. Il peut procurer une formation pratique pour des techniciens et des hommes de science, dans ses nombreuses stations, l'institut est également préparé à organiser et à opérer des cours spéciaux de lutte biologique. Par l'intermédiaire de son Département d'Information, il peut procurer des informations de fond à propos des parasites et mauvaises herbes et de leurs ennemis naturels. Finalement, l'ILBC est prêt à s'engager dans des investigations dans la région et/ou à fournir des cultures d'ennemis naturels.

BIBLIOGRAPHIE

- Andres, L.A et Bennett, F.D. (1975) Lutte biologique contre les plantes adventices aquatiques. Ann. Rev. Entomol. 20:31 - 46.
- Bennett F.D (1965) Tests sur des parasites d'insectes térébrants des lepidoptères des Graminées Asiatiques, effectués sur Diatraca et des espèces alliées à Trinidad. Inst. de Lutte Biologique du Common. Bull. Techn. 5 : 101 - 116
- _____ (1975) Microbespathogènes des insectes et plantes pour la lutte contre Salvinia et Pistia. Symp. Proc. sur l'Exploitation de la Qualité de l'eau au moyen de la lutte biologique , Université de Floride, 28-35.
- _____ (1977) Insectes en tant qu'Agents pour la lutte biologique contre les plantes adventices aquatiques - Botanie Aquatique 3: 165-174.
- _____ (et Cruttwell, R.E. (1973) Insectes qui s'attaquent à Eupatorium Odoratum dans les Néotropiques.
1. Ammalo Insulata (Walk.) (Lep. Arctiidae) un agent biotique potentiel pour la lutte contre Eupatorium Odoratum L. (compositae). Inst. de lutte Biologique du Common, Bull. Tech. 16: 105 - 115
- _____ et Greathead, D. J (1978) Lutte biologique contre la Cochenille des Serres Phenacoccus Manihoti. Matile - Ferrorc: Perspective et Nécessité. Proc. Atelier Protection du Manioc, (IAT, Columbia, 7-12 Nov) 1977; 181-194.
- Bureaux Agricoles du Commonwealth (BAC, 1980), Département de lutte biologique
- 25 ans de succès. BAC. 24 pp .
- Institut de Lutte Biologique du Commonwealth (1978) Protection d'Organismes pour la lutte biologique contre les mauvaises herbes - BAC pp6.
- Cruttwell, R-E (1973) Insectes qui s'attaquent à Eupatorium Odoratum dans les Neotropiques . 2 - Etudes sur le Charençon des graines Apion brunneonigrum BB et son utilisation potentielle pour lutter contre Eupatorium Odoratum L. Inst. de lutte biologique du Common. Bull. Techn. 16: 117-124.
- Girling, D.J (1979) Parasierda sp (hym. bethylidae) un parasite de Eldana Saccharina Wlk (lep. Pyralidae). Mon. Entom Mag. 113:211-212.
- Girling, D.J, Bennett, F.D. et Yaseen, M (1978) Lutte biologique contre la mite verte du Manioc Mononychellus Tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranychidae) en Afrique. Proc Prot. du Manioc . Atelier, (I.A.T, Columbia 7-12 Nov. 1977: 165-170.

_____, Greathead, D.J, Mohyuddin, A.I, et Sankaran, T (1979) . Les potentialités de lutte biologique dans la suppression des herbes gourmandes. Echantillon du bulletin de nouvelles et d'informations de lutte biologique pp. 7-16.

Greathead, D.J. et Al (1971) Une revue de la lutte biologique du Common - Comm. Techn. 5, pp 162.

Rao, V.P, Ghani, M.A, Sankaran, T et Mathur, I. (1971) Une revue de la lutte biologique contre les insectes et autres Parasites dans l'Asie du Sud-Est et la région du Pacifique, Inst. de Lutte Biologique du Common - Comm. Techn. 6, pp 149.

Simmonds, F.j. (1960) Lutte Biologique contre la Cochenille de la noix de coco *Aspidiotus Destructor* sign. à Principe P.W.A. Bull. de Rech. ent. 51: 223-237.

_____, Bennett, F.D. (1977) Lutte Biologique contre les parasites en agriculture - Proc . XV. Congrès International d'Entomologie - 464-472.

LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS
DU SORGHO ET DU MIL PERLE EN AFRIQUE DE L'OUEST

R.T. Gahukar

International Crop Research Institute for the Semi-Arid
Tropics (ICRISAT), Programme de Coopération au Sénégal
CNRA, B.P. 51, Lambe

R E S U M E

Résumé de la situation actuelle des insectes ravageurs du sorgho et du mil perlé en Afrique de l'Ouest. Notes sur la répartition et les variétés d'hôtes des parasites, prédateurs et pathogènes; discussion de la portée de la lutte biologique. Parmi les parasites localisés en Afrique de l'Ouest: *Apanteles Sesamiae* Cam., *Tetrastichus atriclavus* wts., *Pediobus furvus* Gah., *Hyperchalcidia soudanensis* stef., *Sturmiopsis parasita* Curr. sont les principaux parasites des foreurs de tiges, et *Tetrastichus displosidis* Crawf., *Eupelmus popa* Gir., sont des moucheron des grains. Les fourmis, coccinellides, syrphides et punaises peuvent se révéler de potentiels prédateurs. Des recensements et études complémentaires sur les insectes ravageurs et ennemis naturels sont nécessaires.

I N T R O D U C T I O N

En Afrique de l'Ouest, le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) et le mil perlé (*Pennisetum typhoides* stapf. & Hubb.) sont les cultures vivrières principales occupant une superficie d'environ 17 millions d'hectares. Ces cultures sont chaque année ravagées par un large éventail d'insectes nuisibles qui sont recensés et/ou

./.

Document présenté à la Conférence Internationale sur la lutte écologique contre les ravageurs; son potentiel en Afrique de l'Ouest - tenue à Dakar, Sénégal, du 9 au 13 Février 1981

par Risbec (1950) et Appert (1957) au Sénégal et au Mali; Forsyth (1966) au Ghana; Ajayi (1978) au Nigéria; Bridge et eq. (1978) en Gambie; NDoye (1979a) et Gahukar (1981a) au Sénégal et Doubia (1980).

Des efforts ont été fournis pour développer des stratégies de lutte appropriées dans le but de réduire les populations de ravageurs et par là les dommages causés aux cultures. Des produits chimiques ont été testés sur la mouche du sorgho au Nigéria (Adesiyum 1978) et sur les chenilles des chandelles du mil (Vercambre 1978), le moucheron du sorgho (Coutin 1970a) et le moucheron du mil (Coutin 1970b) au Sénégal. Mais les problèmes causés par le coût élevé des pesticides, des techniques d'application ainsi que par les effets dangereux sur la faune, la phytotoxicité, les risques pour l'environnement, les résidus dans les grains et tiges restent encore à étudier. De plus, selon Vercambre (1978) il est difficile d'obtenir un contrôle chimique efficace des chenilles des chandelles de mil étant donné que (i) la ponte se fait généralement au dessous ou au dessus des glumes, (ii) les jeunes larves restent cachées à l'intérieur de l'épi, (iii) les larves plus âgées descendent au pied du plant et se métamorphosent dans le sol. De la même manière, les difficultés rencontrées pour combattre le moucheron sont (i) de savoir la période exacte de l'incidence maxima du ravageur, (ii) d'obtenir des insecticides à action rapide contre les adultes en période de ponte, (iii) de traiter les variétés à tiges hautes par des opérations au niveau du sol (Coutin, 1970a). On a suggéré d'utiliser des pratiques culturales pour lutter contre le moucheron du sorgho (Harris, 1961), les foreurs de tiges lépidoptères (Harris, 1962), et les chenilles

des chandelles de mil (Vercambre 1978). Mais des problèmes socio-économiques risquent d'entraver la mise en application de ces recommandations; par ex., la destruction des tiges infestées qui sont habituellement utilisées par les villageois pour construire leurs maisons ou leurs clotures. L'utilité des ennemis naturels a été prouvée dans la lutte contre les ravageurs des tiges (Harris, 1962, NDoye, 1980) et les moucheron des grains (Barnes 1958; Harris 1961, Coutin et Harris 1968, Coutin 1970a,b). Le programme régional de l'ICRISAT en Afrique de l'Ouest étudie actuellement la résistance des différentes variétés de sorgho et de mil perlé. Une approche de lutte intégrée devrait pouvoir permettre l'utilisation de toutes les techniques appropriées d'une manière compatible afin de réduire les populations de ravageurs et les maintenir au dessous du seuil de dommages économiques.

Le but de ce document est de passer en revue les recherches sur la lutte biologique effectuées en Afrique de l'Ouest et de débattre de sa portée dans le contrôle des principaux insectes ravageurs du sorgho et du mil.

Insectes ravageurs d'importance économique

(1) Ravageurs des jeunes pousses: les scarabées mangeurs de feuilles et les mouches (Chloropidae, Muscidae) attaquent le sorgho et le mil perlé au stade de la jeune pousse. Parmi les mouches identifiées en Afrique de l'Ouest, seule l'*Atherigona soccata* Rd attaque de façon sérieuse le sorgho, en particulier les cultures tardivement plantées (Deeming 1971, Adesiyun 1978, Gahukar 1981b).

(ii) Ravageurs des feuilles: les jeunes feuilles, comme les vieilles, sont mangées pendant toute la croissance du plant, par un certain nombre de ravageurs lépidoptères. Certains sont sporadiques et une de leurs attaques précoces peut provoquer une défoliation complète, comme par ex. *Spodoptera exempta* Wlk., *S. exigua* Hb., *Mythimna loreyi* Dup., *M. separata* Wlk., *Amsacta moloneyi* Drc. Au cours d'une sécheresse prolongée, les aphids (*Rhopalosiphum maidis* Fit.) envahissent les jeunes plants de sorgho.

(iii) Foreurs de tiges: Quelques uns ou tous les foreurs de tiges ci-dessous ont été estimés nuisibles aux cultures graminées (Risbec 1950, 1960; Harris, 1967; Jordan 1960; Forsyth 1966; Jerath 1968, Brenière 1971; Bonzi 1977; NDoye 1977; Bridge et éq. 1978, Doumbia 1980).

Busseola fusca Fuller
Sesamia calamistis Hmps.
S. penniseti Tams et Bowd.
S. poephaga Tams et Bowd.
S. monagrioides botenphaga Tams et Bowd.
S. cretica Led.
Manga basilinea Bowd.
Acigona ignefusalis Hmps.
Eldana saccharina Wlk.

Harris (1972) a donné un aperçu de leur vie et de leurs plantes hôtes. *B. fusca* est un ravageur important du sorgho et du maïs, et se trouve dans les régions humides, tandis que *S. calamistis* est un ravageur polyphage trouvé dans toute l'Afrique de l'Ouest. Un autre foreur de tiges important, *A. ignefusalis* préfère le maïs mais attaque aussi le sorgho et d'autres céréales.

(iv) Ravageurs des épis: le moucheron du sorgho (*Contarinia*

sorghicola Coq.) et le moucheron du mil (*Geromyia Penniseti* Felt.) attaquent les têtes en fleurs et peuvent provoquer jusqu'à 100% des pertes de production. La biologie de ces ravageurs a été étudiée au Sénégal et au Nigéria (Harris 1961; Coutin et Harris 1968; Coutin 1970a). Depuis 1972, on a observé un complexe d'espèces comprenant *Masalia* spp., *Raghuva albipunctella* de Joannis, *Raghuva* spp., attaquer le mil (Vercambre 1978). Des récentes études menées au Sénégal confirment que seul *R. albipunctella* est un ravageur important dans les pays sahéliens (NDoye 1979). Les grains en développement sont dévorés par *Heliothis armigera* Hbn., *Eublemma gayneri* Roths., et *Pyroderces complex* Wsm. Différentes espèces de punaises, scarabées, thrips, pucerons, perce-oreilles, sauterelles, attaquent les cultures au stade de la végétation et de la floraison. Des études plus détaillées sont nécessaires pour déterminer le coût de la production et les seuils de dommages économiques de ces insectes.

Parasites, prédateurs et pathogènes observés en Afrique de l'O.

Les tableaux 1, 2, et 3 présentent une liste des parasites, prédateurs et pathogènes observés sur les principaux insectes ravageurs lépidoptères et diptères en Afrique de l'Ouest. D'après les documents dont on dispose, il apparaît que les efforts de recherche se sont surtout concentrés sur les parasites des foreurs de tiges et à une moindre échelle, sur les parasites des mouchérons des graines. Il existe actuellement un besoin urgent de recenser la faune parasite de l'Afrique de l'Ouest et d'étudier sa biologie, les fluctuations saisonnières de sa population, son

potentiel de lutte contre les ravageurs, etc.

(i) Parasites

(a) Hymenoptera: Les foreurs de tiges sont en majorité des hyménoptères. Les parasites importants sont:

Apanteles sesamiae Cam.
Tetrastichus atriclavus Wts.
Pediobius furvus Gah.
Hyperchalcidia soudanensis stff.

Au Nigeria, Harris (1962) a établi que les trois premiers étaient efficaces pour combattre les larves de *B. fusca* et *Syzeuctus* spp. contre *A. ignefusalis*. Mais le degré de parasitisme n'était que de 10%. De plus, leur population variait d'une année à l'autre et d'une espèce à l'autre. Recemment, NDo ye (1980) a étudié la biologie d'un béthylis *Goniosus procerae* Risb. qui a attaqué moins de 2% des larves en métamorphose de *A. ignefusalis* au Sénégal.

Coutin et Harris (1968) ont observé une réduction considérable des populations du moucheron du mil grace a l'action des parasites. Sur le moucheron du sorgho, *Eupelmus Pape Gir* prédominait au Sénégal et au Nigéria (Harris 1961; Coutin 1970a). Nos observations au cours de ces trois dernières années montrent que *Tetrastichus* spp *Eupelmus* spp. sont importants dans la lutte contre le moucheron du sorgho. Mais le parasitisme est généralement faible pendant les périodes maximales d'incidence des ravageurs. Leur population n'augmente qu'à la fin de la saison des cultures lorsque la population du ravageur est réduite et que la culture est déjà ravagée. De plus, de favorables conditions climatiques et la présence d'épis en floraison jouent un rôle important dans les fluctuations de populations des parasites.

(b) Diptères: Les diptères parasites sont relativement rares en Afrique de l'Ouest. Un parasite potentiel serait *Stirmiopsis parasitica* curr. qui attaque les foreurs de tiges. Le rôle des sarisphagides, chloropides, et phorides en tant que parasites est douteux car leurs mouches sont saprophages.

(ii) Prédateurs: Les prédateurs des foreurs de tiges, moucheron des grains, aphids et larves *Amsacta* ont été observés en Afrique de l'Ouest. Cependant, on devrait faire des études plus approfondies sur le comportement des fourmis, coccinellides, scarabées, syrphides et punaises pour accroître leur efficacité.

(iii) Pathogènes: Des bactéries et des champignons ont été identifiés sur les larves/nymphes de foreurs. Au Nigéria, on a observé une haute mortalité de *B. fusca* due à l'injection de *Bacillus Thuringiensis* Berl. après les premières pluies (Harris 1962).

(iv) Portée de la lutte biologique en Afrique de l'Ouest

La création de systèmes de lutte contre les ravageurs devrait reposer sur les conditions écologiques (Huffaker 1974; Pimentel et Goodman 1978). Les ennemis naturels jouent un rôle important dans ces systèmes (Delucchi 1977; Hurpin 1975).

Des étapes importantes dans la lutte biologique sont la production, la multiplication et la dispersion d'ennemis naturels sur de vastes étendues. Ces projets coûtent relativement cher au début, mais se sont avérés économiques à long terme. Grâce à la lutte biologique, on évite les risques de pollution

de l'environnement, la résistance des ravageurs aux pesticides, etc., et l'équilibre naturel n'est pas rompu. Il est vrai que les résultats des effets de lutte n'atteignent pas 100% mais les populations de ravageurs sont maintenues au dessous des seuils économiques.

La lutte biologique a bien son importance en Afrique de l'Ouest, mais il est nécessaire d'étudier plus en détails à la fois les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels.

Pour qu'une lutte biologique soit réussie, il est de la plus haute importance d'identifier correctement les espèces de ravageurs, leurs parasites et prédateurs, et de reconnaître certaines espèces cryptiques ou entités intraspécifiques (Rosen et Debach 1973).

Bordat, Brenière et Coquard (1977) ont lâché certaines larves/nymphes de parasites de foreurs de tiges sur des insectes hôtes en laboratoire. La difficulté semble cependant résider dans l'acclimatation de ces parasites à différentes zones écologiques et leur potentiel bionique. Les hyperparasites peuvent aussi réduire les populations de parasites et le lâcher de parasites devrait alors être envisagé avec beaucoup de prudence.

L'inter-relation plante hôte insecte ravageur parasite/prédateur peut réduire l'efficacité de la lutte biologique. Un parasite du moucheron, *Tetrastichus diplosidis* ^{plus} crswf. est/fortement attaqué dans les épis de sorgho que dans son ravageur-hôte, *C. sorghicola*. Ceci indique une réaction séquentielle, d'abord vers la plante, puis vers le ravageur (McMillan et Wiseman 1979). On devrait essayer de réduire les populations d'insectes à leurs stades vulnérables, c.à.d. au stade de l'oeuf et à celui de la très jeune larve des foreurs de tiges. En Afrique de l'Ouest on dispose de peu d'informations sur les

parasites des oeufs. En Ouganda Girling (1978) a rapporté 91% et 93% de mortalité chez les oeufs et larves fraîchement écloses de *E. sacchariae* par suite de l'action prédatrice de fourmis. Cependant, cela peut entraver la disponibilité de l'hôte envers les parasites des oeufs. Les fourmis attaquent également les larves/nymphes des foreurs de tiges qui vivent dans les vieilles tiges. Les parasites des foreurs de tiges répartis sur toute l'Afrique de l'Ouest et de l'Est (*A. sesamiae*, *H. soudanensis*, *D. bussealae*, *S. parasitica*) sont intéressants car on a constaté leur efficacité dans des pays est-africains. En Afrique de l'Ouest, les parasites souffrent pendant les saisons sèches à cause des conditions climatiques et de la métamorphose de l'insecte hôte. Ceci rompt la synchronisation qui existe entre hôte et parasite: peu de parasites attaquent les larves qui se transforment en nymphes, mais le parasitisme est très faible. Ceci favorise la survie de l'insecte hôte lors de périodes défavorables. Au début des pluies, la métamorphose est terminée et la population du ravageur s'accroît dans des proportions suffisantes au ravage des nouvelles cultures.

Le potentiel des parasites des moucheron (Tetrastichus, Eupelmus) devrait être exploité en créant des conditions favorables à leur multiplication pendant des périodes d'incidence élevée de ravageurs. Deux nouveaux parasites des foreurs de tiges localisés en Afrique de l'Ouest *Parasierola* sp (Girling 1977) et *Apanteles flavipes* cam (Mohyuddi 1971) peuvent être essayés. Les parasites et prédateurs d'autres continents peuvent être importés et recommandés s'ils possèdent un potentiel bionique élevé, une

REFERENCES CITEES

TABLEAU 1: Parasites des principaux insectes ravageurs du sorgho et du mil perlé en Afrique de l'Ouest.

Ordre et famille - Espèce - Insecte hôte et stade auquel se produit l'attaque - Localisation - Référence

(larve/nymphé/oeufs)

TABLEAU 2: Prédateurs des principaux insectes ravageurs du sorgho et du mil perlé en Afrique de l'Ouest

(Larve/nymphé - adulte - femelles en période de ponte)

TABLEAU 3: Pathogènes des principaux insectes ravageurs du sorgho et du mil perlé en Afrique de l'Ouest

Groupe pathogène

Bactérie, champignon

RECHERCHES ACTUELLES DE L'IITA SUR LA LUTTE BIOLOGIQUE
APPLIQUEE PLUS PARTICULIEREMENT A LA COCHENILLE DU MANIOC
(PHENACOCCLUS MANIHOTI MAT-FER)

Hans R. Herren, IITA, Ibadan Nigeria

RESUME

Peu de temps après son introduction accidentelle d'Amérique Latine en Afrique, la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti*, est devenu un insecte nuisible majeur menaçant la production de manioc dans la plupart des pays de l'Afrique Centrale et Occidentale. Etant donné que pour des raisons écologiques aussi bien que pratiques, il n'est pas possible d'appliquer des méthodes de lutte chimique, priorité a été donnée aux recherches sur la lutte biologique. L'IITA effectue actuellement des recherches sur la biologie, l'écologie et la dynamique de population de la cochenille du manioc et ses ennemis naturels, en collaboration avec des instituts nationaux et internationaux. De nouvelles méthodes de culture de masse et d'introduction d'ennemis naturels sont actuellement mises au point. Des cours de formation spécialisée en lutte biologique seront organisés par l'IITA.

INTRODUCTION - La production annuelle de manioc en Afrique s'élève à 42 millions de tonnes cultivées sur environ 6 millions d'hectares. Il est généralement produit et consommé par des paysans dont les revenus sont faibles et par la tranche de population la plus démunie. Les tubercules du manioc répondent à plus de 50% des besoins en calories de 200 millions d'africains. De plus, les feuilles sont utilisées comme légume favori dans plusieurs régions d'Afrique tropicale. La cochenille du manioc, *Phenacoccus Manihoti*, a été pour la première fois observée au Zaïre en 1973. On pense que cet insecte a été introduit

./.

accidentellement d'Amérique Latine. Peu de temps après son introduction en Afrique la cochenille du manioc a commencé à se développer et à s'étendre rapidement du Zaïre vers les pays du Golfe de Guinée et encore plus loin vers l'Ouest jusqu'au Sénégal. A partir du Bas Zaïre, la cochenille se propage vers l'Est et menace les zones de culture du manioc de l'Afrique de l'Est.

En 1977 la cochenille du manioc a causé de grosses pertes économiques et une pénurie d'aliments. Elle est devenue à présent un problème cyclique dans plusieurs pays d'Afrique Centrale et Occidentale.

Le *P. Manihoti* a un cycle de vie, du stade de l'oeuf à celui d'adulte reproducteur, de 24 jours à 26°C, et est strictement parthénogénétique. La fécondité moyenne en laboratoire est de 440 oeufs par femelle, avec un maximum de 750. La durée de vie d'un adulte est d'environ 26 jours. La cochenille tire généralement sa nourriture (par ordre de préférence) de la tige près des noeuds, des pétioles, et des feuilles. La dispersion des petits et des masses d'oeufs se fait passivement, avec le vent. L'homme participe également à la dispersion de la cochenille en déplaçant et repiquant des plants infestés. La dynamique de population de la cochenille du manioc suit un schéma saisonnier. Pendant la saison sèche la population s'accroît très rapidement et atteint un niveau d'auto-destruction. A ce stade, qui se passe normalement juste avant le début de la saison des pluies, la population se détruit faute de nourriture, d'espace, et à cause des entomopathogènes. Les survivants se réinstallent alors sur les pousses nouvellement sorties au début de la saison des pluies et se maintiennent en petites colonies sur toute l'étendue des champs de manioc jusqu'à la saison sèche suivante. Les pertes de production dues à la cochenille du manioc peuvent aller jusqu'à 60% des racines et 100% des feuilles. Ces pertes élevées sont dues en plus grande partie à l'effet défavorable d'une toxine de la salive injectée dans le plant pendant le processus alimentaire, et qui diminue la croissance du plant, qu'au grand nombre de cochenilles qu'il peut y avoir sur le plant.

L'IITA ET LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LA COCHENILLE DU MANIOC

En 1977, l'IITA a organisé au Zaïre un colloque sur la cochenille du manioc, auquel ont été invités d'éminents savants d'Afrique, d'Europe, des Etats-Unis et d'Amérique Latine, spécialistes des cochenilles et de la lutte biologique contre ces insectes. Les participants à ce colloque ont conclu que la lutte biologique contre cet insecte nuisible serait faisable, d'après les résultats déjà obtenus ailleurs, et ont fortement encouragé l'IITA à poursuivre ses travaux dans cette voie. L'approche de la lutte biologique comme solution au problème de la cochenille du manioc a été soutenue par l'IITA pour de nombreuses raisons. En Afrique, le manioc est cultivé par de petits paysans possédant des parcelles de terrains très dispersées. L'accès à ces parcelles est souvent difficile. De plus le manioc est en culture permanente tout au long de l'année et agit par conséquent comme un hôte idéal pour les insectes puisque le plant peut se trouver à plusieurs stades de croissance dans n'importe quelle parcelle. De par la manière dont le manioc est cultivé, il serait très difficile d'envisager une approche de lutte chimique. D'une part, les cultivateurs ont difficilement accès à l'équipement et aux produits chimiques nécessaires; de plus, on sait que la cochenille oppose très rapidement une résistance aux produits chimiques, ce qui peut entraîner un effet secondaire de multiplication de l'insecte. Le fait que la cochenille du manioc soit une espèce étrangère à l'Afrique rend la lutte biologique encore plus prometteuse. L'ampleur du problème de la cochenille du manioc a amené l'IITA à établir une étroite collaboration avec des institutions ou des universités nationales et internationales. Des financements spécialement destinés au programme de lutte biologique ont été obtenus pour une période initiale de trois ans.

TRAVAUX EFFECTUES A CE JOUR - Les recherches de l'IITA sur la cochenille du manioc ont débuté il y a un an à Ibadan, bien que des recherches préliminaires aient été faites auparavant au Zaïre (Leuschner 1978; Nwanze 1979). Notre connaissance de la biologie et de l'écologie du *P. Manihoti* a été récemment élargie grâce aux recherches faites en République du Congo (Fabres 1980; Fabre et Boussiengué 1980), et grâce à nos propres recherches et observations à l'IITA.

L'équipe de recherche de l'IITA travaille actuellement sur la bio-économie de la cochenille du manioc et de ses ennemis naturels existants. Des méthodes efficaces de culture de masse de la cochenille et de ses ennemis naturels, ainsi que des méthodes d'introduction de ces derniers sont actuellement mises au point. Des études sur l'agro-écosystème du manioc sont en cours, de même que des recherches sur la faune arthropode des régions qui entourent les champs de manioc. Une importance spéciale est donnée aux études des schémas de mortalité et natalité de la cochenille, car il est très important d'avoir une connaissance exacte de la dynamique de population et des facteurs qui la régissent pour pouvoir évaluer l'impact des ennemis naturels introduits. Les données des schémas de mortalité et natalité avant l'introduction des ennemis naturels ont été mises sur ordinateur et utilisées pour créer un modèle de simulation, de même que les données résultant d'expériences en laboratoire. Le modèle de simulation sera utilisé pour déterminer à quelle période optimale et quel nombre approprié d'ennemis naturels devra être introduit dans des zones données. Les données des schémas de mortalité et natalité seront recueillies dans tous les pays envisageant une lutte biologique contre la cochenille du manioc, et traitées à l'IITA; des opérations d'introduction d'ennemis naturels seront alors envisagées en conséquence.

L'IITA collabore étroitement avec le Commonwealth Institute of Biological Control (BIBC) (Institut de Lutte Biologique du Commonwealth) pour déterminer l'origine géographique de la cochenille du manioc en Amérique Latine. Les entomologistes du BIBC ont déjà trouvé plusieurs parasitoïdes et prédateurs du *P. Manihoti* en Amérique du Sud (Bennett et Yaseen 1980). Les premiers essais de culture de ces parasitoïdes sur *P. Manihoti* au Nigéria n'ont pas réussi. Cependant deux prédateurs (espèce *Hysperaspis* et *Nephus biluceruarius*) fournis par le BIBC sont actuellement cultivés avec succès et les premières introductions déjà effectuées au Nigéria. Les régions où le *P. Manihoti* trouverait probablement son origine vont du Nord du Mexique et s'étendent vers le Sud aussi loin que le Brésil. Les explorations

systematiques actuellement en cours dans toutes les zones concernées vont certainement aboutir au P. Manihoti et à ses ennemis naturels. La localisation de l'origine du P. Manihoti et par là, des agents éventuels de lutte biologique, est en fait la tâche la plus importante à accomplir, et de gros efforts dans ce sens sont fournis par le CIBC et l'IITA.

Enfin, une partie très importante du programme de lutte biologique de l'IITA est la formation d'entomologistes. Etudiants et boursiers déjà munis d'un doctorat sont déjà engagés dans les recherches actuelles de l'IITA. Des cours pour entomologistes désireux de se spécialiser en techniques de lutte biologique seront organisés à l'IITA. Le but de ces cours est de fournir des entomologistes ayant une connaissance approfondie des pratiques de lutte biologique à tous les pays où la cochenille du manioc pose un problème. Ces spécialistes seront chargés, en collaboration avec l'IITA, de mener à bien le programme de lutte biologique contre la cochenille du manioc dans leurs pays respectifs.

En résumé, le rôle de l'IITA est de fournir, en étroite collaboration avec des experts d'Afrique et d'Amérique Latine et d'autres institutions internationales, une direction scientifique visant à vaincre le problème de la cochenille du manioc.

ROLE DU CONTROLE BIOLOGIQUE DANS L'ORGANISATION
 ET LA MISE EN OEUVRE DU PROJET DE LUTTE INTEGREE

C.I.L.S.S.

Le projet intitulé "Recherches et Développement de la Lutte Intégrée contre les Ennemis des Principales Cultures Vivrières dans les Pays du Sahel" est financé par l'USAID et exécuté par le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sècheresse dans le Sahel - CILSS, avec l'appui technique de la FAO.

Opérationnel à trois niveaux: national, sous-régional et régional, il fait partie d'un vaste programme d'aménagement de la Protection des végétaux. Il a pour objectif:

1. A Long Terme:

- d'établir un système permanent de lutte intégrée contre les ennemis des principales cultures vivrières: mil, sorgho, maïs, riz, blé, nièbé, et arachide, dans les pays membres du CILSS. L'application d'un tel système devrait contribuer à l'accroissement de la production agricole et à la protection de l'environnement contre les abus inconsidérés des pesticides.

2. A Court Terme:

a) Dans chaque pays participant:

il est essentiel:

- d'encourager et de promouvoir la lutte intégrée; de faire comprendre, accepter et appliquer ses principes;
- d'apporter des informations et de dispenser une formation à tous les niveaux concernés par le développement de l'agriculture;
- d'établir un programme de surveillance et de contrôle contre les ennemis des cultures en appliquant une véritable lutte intégrée par la création de zones de démonstration en milieu rural;
- d'effectuer les recherches de base et appliquées, indispensables à une implantation permanente de la protection des cultures.
- de participer à la formation des personnels de vulgarisation et à celle des agriculteurs pour une utilisation des nouvelles techniques.

- d'aider à la coordination et à la coopération de toutes les disciplines et de toutes les institutions directement concernées, afin de faciliter la recherche, le développement et la mise en oeuvre de la lutte intégrée.

b) Au niveau régional, sous-régional et international:

il convient:

- de coordonner toutes les actions de formation, de recherches, de développement et de mise en oeuvre de la lutte intégrée, c'est-à-dire d'organiser un échange permanent d'informations entre les pays participants et d'évaluer leurs activités en vue d'assurer une évolution complète et équilibrée du but recherché;

- de promouvoir une coopération mutuelle des pays pour l'échange d'informations pratiques et théoriques. Cette coopération pouvant se faire par l'intermédiaire de visites de spécialistes et de séminaires, où seront considérés les décisions à prendre et les problèmes à résoudre aussi bien au niveau national que régional.

I. LA LUTTE INTEGREE

1.1/ Les objectifs

La lutte intégrée désigne un système de lutte aménagée qui, compte tenu du milieu particulier et de la dynamique des populations des espèces considérées, utilise toutes les techniques et méthodes appropriées de façon aussi compatible que possible en vue de maintenir les populations de ravageurs à des niveaux où ils ne causent pas de dommages économiques. Cette définition, retenue par la FAO depuis septembre 1967, implique:

- l'exploitation maximum des facteurs naturels de mortalité, complétée, le cas échéant, par des méthodes artificielles. Les facteurs naturels comprenant aussi bien les parasites et prédateurs que les variétés résistantes et les méthodes culturales;

- l'application des pesticides usuels dans les cas où les seuils de dommages économiques risquent d'être dépassés. Les pesticides sont utilisés en dernier recours. Leur utilisation doit être compatible au maximum avec les facteurs naturels de mortalité et les quantités mises en oeuvre sont limitées au minimum nécessaire pour compléter les moyens naturels de contrôle;

- la lutte intégrée ne repose pas sur l'utilisation d'une méthode de lutte spécifique; mais elle met en oeuvre, pour une situation donnée, des techniques appropriées, en coordination avec des facteurs naturels (régulateurs et limitatifs) du milieu.

1.2/ Considérations relatives à l'environnement

Dans le cadre du présent projet, les techniques de lutte intégrée, à rechercher, développer et à appliquer concernent essentiellement les cultures annuelles citées précédemment. A chacune d'entre elles s'appliquera une stratégie et des techniques particulières, qui pourront, par ailleurs, varier suivant l'ennemi à combattre; mais il est bien entendu que la philosophie, les principes et les objectifs restent les mêmes. Seules, les applications diffèrent en fonction de la plante, du ravageur et de l'environnement.

L'expérience acquise au cours de ces dernières années a largement démontré qu'il était impossible d'envisager les problèmes phytosanitaires sans tenir compte de l'ensemble du milieu dans lequel ils doivent intervenir. Ce principe est devenu fondamental à partir du moment où l'on s'est aperçu, dans les pays à technologie avancée, que l'emploi systématique, abusif et inconsideré des pesticides:

- favorisait souvent le développement de nouveaux ennemis des cultures en provoquant un déséquilibre biologique entre les ravageurs et leurs antagonistes (parasites ou prédateurs);
- sélectionnait des souches d'insectes résistantes aux pesticides, d'où la nécessité de poursuivre l'application de nouveaux insecticides,
- polluait l'environnement aux risques de compromettre gravement la santé de l'homme et des animaux domestiques.

De plus, il faut ajouter à ces inconvénients les frais considérables consécutifs à l'achat et à l'emploi de grandes quantités de pesticides soit pour les services publics, soit pour les agriculteurs.

Il est primordial de ne pas engager la lutte contre les ravageurs des cultures en Afrique sur cette voie. Dans le présent cadre, il apparaît indispensable d'examiner d'une façon aussi complète que possible les aspects écologiques des problèmes phytosanitaires, en cultures vivrières et notamment pour les céréales, avant de généraliser des méthodes d'intervention.

La relative stabilité des écosystèmes naturels est due au fait qu'ils abritent un grand nombre d'organismes vivants, liés entre eux par des interactions complexes. Celles-ci s'expriment très souvent par des phénomènes de compétition entre les espèces, généralement pour l'occupation de l'espace et pour la consommation de la nourriture disponible. L'intensité de la durée de ces phénomènes dépend plus ou moins de la variation des facteurs physico-chimiques du milieu, plus particulièrement du climat et du sol. Toute modification apportée en un point entraîne toute une série de réactions dont l'effet, à plus ou moins long terme, est de tendre à revenir à la situation initiale.

Il est bien établi que les écosystèmes les plus simplifiés sont ceux dans lesquels on observe la plus grande instabilité et dans lesquels les variations des niveaux de population sont les plus grandes.

Il s'agit là de principes ou règles générales de l'écologie qu'il convient de retenir, au moment où on envisage une transformation quelconque du milieu.

La plupart des ravageurs sont des adversaires versatiles capables d'adapter leur comportement à leurs hôtes, mais ils peuvent aussi anéantir tous les efforts déployés pour les combattre. Malgré les progrès de la recherche et de la technologie, il ne faut pas espérer une lutte parfaite, encore moins une éradication complète.

Les concepts de la lutte aménagée comprennent cette approche intégrée de défense des cultures à laquelle se réfère le programme envisagé par le projet. Sans l'interférence de l'homme les cultures et leurs ravageurs vivent en équilibre naturel, ceci grâce aux facteurs écologiques du milieu. Malheureusement, l'homme détruit souvent cet équilibre afin d'assurer ses besoins matériels en utilisant divers moyens, tels que la mise en place de variétés nouvelles, la monoculture, l'irrigation etc.. Lorsque tous les aménagements nouveaux sont laissés sans contrôle, ils peuvent entraîner l'apparition de nouveaux fléaux préjudiciables aux cultures.

Il est reconnu que l'on peut compter dans une large mesure sur les facteurs dominant ces équilibres naturels pour recourir à l'introduction des programmes de lutte intégrée contre les ennemis dits naturels jouent un rôle beaucoup plus grand qu'attendu. Le choix judicieux des mesures de lutte permettront à ces mécanismes régulateurs d'exercer pleinement leur action, et d'obtenir ainsi qu'une production agricole optimale avec le minimum de produits chimiques trop souvent nuisibles à l'environnement.

La culture de variétés à tolérance maximale, avec une résistance ou une capacité de récupération après des attaques, est essentielle. Même les meilleurs germoplasmes peuvent être inadéquats pour faire face à toutes les situations, mais une certaine résistance fournit une plus grande latitude pour d'autres stratégies dans le cadre de la lutte intégrée et offre un certain appoint pendant quelques années, en attendant que de nouveaux biotopes se développent.

Les décisions relatives à l'utilisation des pesticides doivent être basées sur des estimations concernant la nécessité de leur emploi.

Cette estimation, basée sur des prospections, devra évaluer le degré de perte économique causé par un ravageur ou groupe de ravageurs qui soit tolérable pour un domaine spécifique de l'agriculture, et déterminer le besoin pour un ou plusieurs pesticides en vue de combattre les ravageurs, en se basant sur une analyse des coûts et des avantages; les coûts comprenant aussi les perturbations éventuelles des équilibres biologiques et les impacts sur l'environnement.

Deux préalables sont absolument nécessaires pour atteindre les objectifs de la lutte intégrée: la connaissance des seuils économiques d'intervention et les cycles biologiques des ennemis des cultures.

La plus urgente à entreprendre est celle de la détermination des seuils économiques, c'est-à-dire, la connaissance du niveau au-dessus duquel les dégâts des ravageurs ne sont plus tolérables; c'est-à-dire, au moment où le coût des pertes occasionnées devient supérieur à celui des interventions quelles qu'elles soient: traitement chimique, lutte biologique, méthode culturale, etc... Autrement dit, il n'y a aucune compensation des pertes.

Deux seuils principaux sont donc à considérer et à définir:

a) le seuil de tolérance

b) le seuil économique d'intervention, ce dernier étant le moins élevé possible sert d'indicateur à l'intervention.

Il faut garder pour principe de modifier le moins possible l'écosystème. Il convient donc d'apprécier et de connaître au préalable la conséquence des actions à entreprendre de façon à les orienter et à les aménager dans un sens convenable, cela exigera évidemment un important effort de recherche.

Dans le cas de la céréaliculture, soudano-sahélienne, par exemple, il doit être possible de combiner ou d'associer plusieurs éléments afin de mettre au point des systèmes de production comportant un certain degré de monoculture.

L'accroissement des cultures vivrières nécessaires à l'alimentation humaine exige donc la mise en place de systèmes cohérents et équilibrés de production, dans lesquels les interventions phytosanitaires seront exclusivement conduites suivant les principes de la lutte intégrée. Pour y parvenir, il faut absolument une mobilisation des efforts à tous les niveaux.

1.3/ Les mesures envisagées

Pour atteindre les objectifs de la lutte intégrée il faut:

- faire l'inventaire, étudier et exploiter à fond les moyens ou ressources déjà utilisés en agriculture traditionnelle pour satisfaire les besoins locaux de la protection contre les ravageurs et pouvant être considérés comme les premières techniques de lutte intégrée;
- persuader et mobiliser la population rurale de façon à ce qu'elle participe sans contrainte à tout action; de protection des végétaux;
- identifier et développer les techniques et les méthodes les plus efficaces tant pour la production que pour la protection des cultures;
- obtenir un rendement optimum qui soit bénéfique à l'agriculture et à la société, en général, avec un minimum de frais;
- prévenir la population rurale de la présence d'organismes potentiellement nuisibles, pouvant devenir des fléaux pour leurs cultures (Acridiens, etc.)
- démontrer qu'un organisme vivant à l'état endémique peut devenir à un moment donné un ennemi très dangereux pour les cultures;
- développer des systèmes cohérents et équilibrés de production agricole, en rapport avec l'agro-écosystèmes de façon à prévoir les problèmes potentiels qui peuvent se présenter à long terme ou à court terme, afin de prendre en temps opportun les mesures nécessaires;
- renforcer et utiliser pleinement les avantages que procure la lutte biologique, c'est-à-dire celle menée par les ennemis naturels;
- protéger et préserver l'environnement afin d'assurer le maintien d'un juste équilibre entre toutes les espèces animales et végétales;
- prévenir le développement des situations critiques pour les cultures. Prévention des fléaux, par la création d'un réseau de surveillance et d'observations;
- employer la lutte artificielle seulement lorsqu'elle se justifie économiquement et écologiquement;
- normaliser et diriger l'emploi des pesticides;

- vulgariser, étendre, puis exploiter au maximum les méthodes intensives de travail devant aboutir à une autoproduction, en vue d'augmenter les rendements dans les différentes zones agricoles du pays;

- établir et distribuer des plaquettes ou schémas pratiques de façon à vulgariser des méthodes de production et protection agricole auprès des populations rurales;

- apporter une solution continue aux problèmes posés par les ravageurs au fur et à mesure du développement agricole;

- définir un système de production agricole comportant un certain degré ou une certaine dimension en parfaite harmonie avec le milieu;

- rechercher, développer et mettre en place une stratégie de lutte intégrée contre les ravageurs avec des techniques économiques et efficaces;

- réduire la malnutrition et la famine chez le paysan en augmentant sa propre production vivrière;

- promouvoir et développer à cet effet une véritable politique d'auto-production et d'autosuffisance par des méthodes intensives de travail, qui permettra d'augmenter les rendements des cultures vivrières et d'assurer une protection économique contre les ravageurs.

L'implantation définitive du système de lutte intégrée sera certainement longue, elle se fera progressivement, c'est-à-dire par étapes, périodiques ou phases. Sa durée dépendra des moyens mis en oeuvre à tous les niveaux.

Il faut considérer quatre phases intimement liées et interdépendantes qui peuvent évoluer dans le même temps, et dont la durée de chacune variera en fonction des problèmes à résoudre. Phase d'information et de formation, phase d'identification des problèmes, phase de recherches et de développement, enfin phase de mise en oeuvre et d'implantation.

II. CONTROLE BIOLOGIQUE ET MESURES A PRENDRE

Comme nous l'avons déjà dit dans l'exposé de ses principes, la lutte intégrée implique avant tout une exploitation rationnelle et maximum des facteurs naturels de mortalité qui comprennent aussi bien les parasites et prédateurs, que les variétés résistantes et les méthodes culturales. Les moyens artificiels doivent constituer un dernier recours.

-Tous les ravageurs quels qu'ils soient ont leurs ennemis naturels qui jouent un rôle important dans la régulation de leur développement et de leur multiplication.

-Pour chaque espèce de ravageur animal (insectes, oiseaux, rats, etc...) comme pour chaque maladie des plantes cultivées, il est indispensable de recenser et de connaître les antagonistes au même titre que les autres éléments écologiques.

-Dans un premier temps " le projet de lutte intégrée" portera tous ses efforts sur les ennemis naturels des insectes ravageurs des cultures vivrières énumérées précédemment.

2.1/ Protection des ennemis naturels existant

Avant de concevoir et de réaliser un programme quelconque de lutte biologique, il convient tout d'abord de préserver et de protéger ce qui existe déjà dans le milieu naturel.

Pour assurer efficacement cette protection, il est indispensable de recenser tous les auxiliaires en fonction de l'espèce nuisible concernée et de son milieu, d'analyser ensuite, le complexe des ennemis naturels de chaque espèce de ravageurs pour une culture donnée.

a) Recensement des auxiliaires: Les insectes nuisibles aux cultures ont, selon les habitats et les espèces, toute une gamme d'ennemis naturels qui sont susceptibles d'intervenir à tous les stades et états du développement (oeuf, larve, nymphe, imago.)

Ces ennemis naturels pourraient être classés de façon suivante; en partant des êtres les moins évolués pour aller vers les plus évolués.

- Les Virus: comparables aux virus des plantes. On compte actuellement plus de 300 espèces connues dans le monde.

- Les Rickettsies: Très voisins des bactéries, ils sont également proches des bactéries par le fait qu'ils sont intracellulaires. Plus de 20 espèces sont déterminées.

- Les Bactéries: sont très nombreuses. Elles peuvent être pathogènes obligatoires ou facultatifs - (Bacillus popillae, Bacillus thurengensis, etc..)

- Les champignons: Plus de 500 espèces déjà décrites comme étant pathogènes facultatifs ou obligatoires.

- Les protozoaires: Il s'agit surtout d'espèces appartenant aux groupes des amibes, des coccidies, des grégarines et des microsporidies.

- Les Nématodes: Les plus fréquents et les plus actifs appartiennent au genre Neoplectana. On connaît de très nombreuses

espèces.

- Les Insectes Parasites: Ils sont endo ou ectoparasites, mono ou polyspécifiques. Les plus nombreux se trouvent dans le super-ordre des Hyménoptères.

- Les Insectes Prédateurs: L'exemple le mieux connu est celui des coccinelles prédatrices de pucerons et de cochenilles.

- Les Vertèbres Prédateurs: Très nombreux, on les rencontre chez les batraciens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères.

- Le recensement et l'identification des espèces se trouvant au niveau des agro-écosystèmes est absolument indispensable, en vue d'obtenir des renseignements précis sur les cycles biologiques et les époques de présence ou d'activité des ennemis naturels.

Ces deux opérations mettront en évidence les interactions existant entre les auxiliaires et les ravageurs des cultures.

Le plus important est de déterminer l'incidence des ennemis naturels les plus connus sur l'abondance des principales espèces nuisibles.

De nombreux et importants travaux ont été déjà consacrés aux entomophages des ravageurs; d'autres travaux et recherches se poursuivent actuellement dans le monde entier. Les pays du Sahel ne manqueront pas de bénéficier de l'expérience et des résultats acquis dans ce domaine.

Des progrès très sensibles sont accomplis dans le domaine de la systématique, chaque année, notamment sur les hyménoptères parasites et hyperparasites. Ils ont d'ailleurs permis de déterminer l'incidence de ces entomophages dans certaines cultures tropicales (coton, canne à sucre, riz, arbres fruitiers, etc...)

b) Analyse du complexe des ennemis naturels de chaque espèce de ravageurs pour une culture donnée.

L'énumération rapide des différentes catégories d'ennemis des ravageurs donne un aperçu de la complexité des phénomènes par suite des multiples interactions entre ces diverses catégories. Il faut également considérer:

- l'influence du climat pour le succès du parasitisme;
- la présence des hyperparasites;
- la compétition ou au contraire une complémentarité d'actions entre le genre entomopathogène et l'entomophage ou bien entre deux pathogènes ou entre deux parasites, etc...
- l'importance relative des divers auxiliaires est étroitement

subordonnée aux conditions particulières du milieu: climat, environnement, pratiques culturelles et phytosanitaires.

Il est primordial:

- de mettre en évidence les actions de prédation et de parasitisme;
- de déterminer l'importance relative des différentes espèces et leur spécificité;
- d'étudier l'épizootiologie des entomopathogènes (virus, champignons, bactéries, etc.)

L'analyse d'une telle biocoenose présente certainement des difficultés mais en contre-partie elle mettra en évidence toutes les potentialités offertes par l'utilisation de certains de ces ennemis pour la lutte biologique contre les insectes nuisibles aux cultures vivrières.

2.2. Possibilités de contrôle par les ennemis naturels et les moyens agronomiques.

Deux voies sont à suivre pour profiter au mieux du potentiel biologique représentant les ennemis naturels des ravageurs; d'une part le renforcement de leur activité en intervenant sur les éléments de l'agrocoenose, d'autre part leur utilisation directe.

Suivant le cas considéré, une combinaison des moyens indirects et directs doit apporter de bons résultats.

La première voie qui est indirecte doit rester compatible avec le type de production envisagée et ne pas perturber l'environnement.

La deuxième comporte les servitudes et les aléas inhérents à toute production et utilisation en masse d'êtres vivants.

Ces deux voies sont, en outre, soumises aux impératifs économiques, il convient donc d'étudier dans quelle mesure elles sont rentables pour l'agriculteur sahélien.

A. Actions Indirectes

L'ensemble de ces actions à modifier l'environnement, à changer les pratiques agricoles et à faciliter la survie des ennemis naturels, en particulier pendant la saison sèche, au moment où ils manquent de nourriture et de proies.

a) Aménagement des méthodes culturelles et de l'environnement.

Il ne faut surtout pas oublier que ces aménagements concernent aussi bien le développement des ravageurs que celui des

auxiliaires.

En modifiant le contexte mésologique des ravageurs et des maladies, les pratiques culturales peuvent certainement constituer de véritables techniques de lutte intégrée, efficaces et peu onéreuses. Elles sont bien connues par les agriculteurs, mais généralement employées de façon empirique, elles n'apportent pas toujours les résultats escomptés. Certaines pratiques culturales, telles que les labours, les desherbages, les arrosages, etc. exerceront souvent une influence directe, bénéfique ou néfaste sur les populations des différentes espèces d'auxiliaires. Les dates de semis, plus précoces ou plus tardives suivant le cas peuvent réduire considérablement les attaques des ravageurs. Par contre, des labours pratiqués à certaines époques de l'année ont un effet néfaste sur le développement des coccinellides et des syrphides, en particulier en Europe.

Beaucoup d'adultes d'hyménoptères parasites sont très sensibles à l'alimentation pollinique. La plupart choisissent leurs plantes hôtes, d'où l'intérêt à protéger et même à multiplier les plantes favorables au maintien des populations d'insectes utiles.

Il est possible de diminuer les infestations des cultures en les associant avec des plantes pièges sur lesquelles viennent se contenter les ravageurs (méthodes employées couramment en Chine).

La végétation adventice ou spontanée joue également un rôle important dans la persistance des populations des ravageurs et de leurs parasites tout au long de l'année. Il convient d'en tenir compte dans l'application des pratiques culturales.

Pour les céréales, maïs, sorgho, mil, par exemple, l'arrachage ou le brûlage des plantes de la saison précédente réduit les attaques des ravageurs l'année suivante.

L'emploi des engrais est fortement recommandé pour l'intensification des cultures. L'interaction entre la fertilisation minérale et la protection phytosanitaire peut être généralement favorable sur le plan économique; mais une concertation préalable s'impose entre la recherche agronomique et la protection des cultures, afin d'éviter les risques d'accroissement de population de certaines espèces de ravageurs.

L'emploi des engrais azotés favorise le développement de plusieurs maladies, en particulier celles d'origine cryptogamique. Ces mêmes engrais peuvent influencer les attaques de rongeurs. Il arrive souvent qu'une meilleure alimentation azotée pour la plante se traduise par une augmentation du taux de croissance chez les populations d'insectes phyllophages.

L'amélioration de tous les procédés culturaux doit être inscrite en priorité dans le programme de recherche et de développement de la lutte intégrée contre les ennemis des principales cultures vivrières des pays du Sahel. Les pratiques culturales restent certainement les techniques qui sont et seront les mieux adaptées dans le contexte socio-économique de ces pays.

b) Aménagements de la lutte chimique

La lutte chimique ne peut certainement pas être conduite rationnellement, efficacement et de façon économique, sans une connaissance préalable de la bio-écologie des ravageurs à combattre et des auxiliaires à préserver.

Il est important de rappeler ici les principes qui doivent guider toute intervention chimique:

1. - Les seuils d'intervention: comme il a été dit précédemment, ils sont fixés en fonction des seuils de tolérance des dégâts et de la rentabilité économique du traitement. L'un des principes fondamentaux de la lutte intégrée est d'appliquer les traitements chimiques lorsque les dommages aux récoltes en qualité et en quantité le justifient. En outre, le prix de revient de l'opération devra apporter un accroissement de récolte dont la valeur est au moins égale au coût du pesticide et de son application.

L'intervention à l'aide des insecticides doit se faire en toute connaissance de causes; il faut toujours penser à leur nocivité vis-à-vis des auxiliaires, qui sont souvent plus sensibles que les ravageurs à combattre.

Les pesticides, même les mieux connus et les plus courants doivent être testés avant leur emploi. Cette mesure est absolument indispensable, mais au préalable elle exige de connaître parfaitement la bio-écologie des prédateurs et de leurs parasites.

Le rôle essentiel d'un système de surveillance et d'avertissement agricole est de préconiser en temps opportun des techniques d'intervention, simples, économiques et efficaces, à la portée du cultivateur africain.

Dans ce contexte, l'évaluation précise des dégâts et de leurs conséquences réelles constitue une méthode intégrante d'appréciation d'un ensemble de ravageurs.

2. - Les périodes d'intervention: elles sont définies suivant l'état de développement de l'insecte et de la plante.

L'intervention se fait généralement au moment où le ravageur est le plus vulnérable et durant la période la moins gênante pour la culture.

3. - Les Limites et les Sites d'Interventions: l'emploi des pesticides doit toujours être limité dans le temps et dans l'espace. Il est primordial de s'assurer de leur innocuité vis-à-vis des auxiliaires.

4. - La Prévention de la Résistance des Ravageurs: (les insectes en particulier) aux Pesticides: Les tests d'efficacité des insectes permettent de déterminer les meilleures doses d'emploi, variables suivant l'état de la végétation et le stade du développement de l'insecte à détruire. Il faut veiller aux phénomènes de résistance ou d'accoutumance à certains produits. Prendre garde à la phytotoxicité et à la toxicité générale pour l'environnement. Il est souvent préférable d'employer des insecticides spécifiques que polyvalents.

5. - Les Moyens d'Intervention: il s'agit de définir les procédés de traitements (terrestres, aériens, etc.) les mieux adaptés.

De toutes façons, des expérimentations et des observations préalables devront être effectuées dans différentes situations afin de définir les meilleures possibilités de projection.

B/ Lutte Biologique - Essais Préliminaires d'Utilisation Directe d'Entomophages et d'Entomopathogènes:

La lutte biologique présente des avantages certains.

- elle évite la pollution de l'environnement puisqu'elle utilise exclusivement des êtres vivants;
- elle prévoit toutes les conséquences de son utilisation du fait qu'il s'agit d'organismes qui existaient depuis des millénaires dans le milieu et dont il faut tester préalablement les potentialités;
- elle résout les problèmes de façon définitive et, de ce fait, son prix de revient est à échéance extrêmement bas.

a) Choix des Agents Biologiques:

Qu'il s'agisse de prédateurs, de parasites ou de pathogènes, le choix doit être guidé par:

- un potentiel biotique élevé;
- une reproduction et multiplication facile peu onéreuse;
- une voltinisme appropriée;
- une bonne résistance aux conditions extrêmes (en particulier à celles de la sécheresse);
- une bonne résistance aux antagonistes (hyperparasites).

b) Multiplification de Masse:

Les formes classiques de lutte biologique sont d'un coût peu élevé, car il s'agit d'enrichir le milieu en auxiliaires utiles (parasites prédateurs ou maladies) afin d'obtenir

une réduction permanente du niveau de population des ravageurs.

Malheureusement, de tels équilibres favorables ne sont pas faciles à établir et exigent un certain temps. Il est donc nécessaire, dans des cas précis et sous certaines conditions, de prévoir une utilisation plus souple et plus dynamique des auxiliaires vivants en les apportants dans les cultures chaque fois que leur action devient nécessaire.

Des techniques nouvelles ont été développées dans plusieurs pays pour la production de masse et la libération en temps opportun et en nombre suffisant des divers organismes utiles sous forme de "colonisation périodique" et de lâchers "d'inondation" ou de traitements biologiques. Les progrès considérables réalisés dans tous les domaines de la biologie, permettent actuellement d'entreprendre des élevages massifs de certains insectes sur milieux artificiels, ainsi que la production industrielle des bactéries pathogènes pour les ravageurs.

En ce qui concerne la multiplication en masse des parasites et des prédateurs, deux méthodes sont à considérer:

1^o/ La libération en masse de parasites et de prédateurs endémiques dont le but est d'augmenter les populations d'ennemis naturels et d'élever ainsi le niveau de protection contre les déprédateurs. Cette méthode est relativement simple et probablement la plus économique. Il suffit de capturer les auxiliaires dans les zones où ils sont abondants et de les transférer directement dans une région où ils sont rares. Dans certains cas on procède à des élevages préalables de masse avant les lâchers.

2^o/ L'introduction d'ennemis naturels alloctones peut également être bénéfique; cependant il est indispensable d'étudier préalablement les ennemis naturels existants avant de recourir à cette méthode; notamment bien connaître leur distribution.

c) Application Pratique de Lutte Biologique

Des essais d'application pratique doivent être tentés et réalisés; ils consisteront en lâchers de parasites et de prédateurs associés ou non à des traitements par organismes pathogènes (virus, bactéries, champignons).

La date et les modalités des lâchers ou des traitements sont en fonction des conditions climatiques de l'année, du degré d'infestation des cultures, de la distribution et de l'activité des ravageurs. Ce n'est qu'à la suite d'expériences et d'essais répétés durant plusieurs années qu'il sera possible de définir et de recommander une ou des techniques de contrôle biologique.

Actuellement de nombreux pays emploient **avec succès** le contrôle biologique pour plusieurs espèces d'insectes nuisibles à l'agriculture, en particulier contre les ravageurs des arbres fruitiers. Des techniques nouvelles de lutte biologique sont également vulgarisées en céréaliculture. A ce titre, des exemples peuvent être cités:

- Les insectes entomophages, tels que les Trichogrammes, parasites des oeufs de nombreux ravageurs, ainsi que les nombreuses espèces de coccinelles prédatrices de cochenilles et de pucerons.

- Les insecticides bactériens à base de Bacillus thuringiensis qui s'emploient de la même manière que les pesticides chimiques, mais sans danger pour l'environnement. Il existe également des produits fabriqués industriellement à base de virus spécifique.

A propos des entomophages, de récents travaux conduits par les services de la recherche agronomique du Sénégal avec le concours de l'IRCT, ont donné des résultats fort intéressants dans la région de Nioro du Rip. Il s'agit, en particulier de la découverte d'une souche autochtone de Trichogramme parasitant naturellement Rhaguva sp. déprédateur des chandelles de mil.

La combinaison de plusieurs parasites prédateurs et entomophages peut quelquefois assurer une meilleure régulation des populations de ravageurs dans une culture donnée.

Les antagonismes naturels et la compétition entre espèces ne sont pas les seuls phénomènes biologiques qui peuvent conduire à la mise au point de méthodes de lutte. En effet, il est possible d'envisager pour chaque ravageur des interventions spécifiques basées sur une connaissance approfondie de sa physiologie ou mieux de son écophysiologie. Parmi les méthodes déjà au point ou en cours d'étude, il faut signaler:

- la manipulation de la photopériode qui peut troubler la reproduction (pucerons);
- l'emploi de facteurs attractifs, répulsifs ou régulateurs de la prise alimentaire chez les plantes;
- l'utilisation de phéromones sexuelles, dont un grand nombre sont déjà isolés, peut être envisagée soit comme attractif permettant le repérage ou la destruction sélective d'un sexe, soit comme moyen pour empêcher la rencontre des partenaires au moment de l'accouplement;
- les interventions par des traitements hormonaux au niveau du développement morphologique de l'insecte nuisible ne sont pas négligeables; en particulier au moment de la mue; de la métamorphose et de la reproduction sexuelle, il est possible de provoquer des perturbations qui conduisent à des individus anormaux incapables de survivre.

- l'usage des stérilisants spécifiques est également recommandé dans certaines conditions;
- à côté de ce groupe d'hormones synthétiques, il faut noter toute une gamme de substances actives isolées des végétaux qui ont une action et une activité comparable.

Enfin, de gros efforts sont entrepris vers la lutte génétique. Le principe consiste à introduire dans les populations naturelles des individus porteurs de gènes létaux ou affectés d'incompatibilités cytoplasmiques.

Ce sont là des méthodes très élaborées qu'il convient de manipuler prudemment. Dans une agrocoenose donnée il n'est pas impossible que l'espèce complètement éliminée soit remplacée par une espèce plus dangereuse pour les cultures. Le remède devient pire que le mal.

Toutes les méthodes de lutte biologique qui viennent d'être passées en revue sont certainement actives, mais l'essentiel est qu'elles soient examinées et testées en fonction de l'ensemble des éléments du milieu.

La possibilité de généralisation de telles mesures dépend évidemment de l'économie de production des élevages de masse, des autocides, des entomopathogènes, stérilisants et autres.

Les recherches de base, réalisées sur de nombreux auxiliaires débouchent actuellement sur des mesures concrètes avec des applications pratiques qui s'inscrivent parfaitement dans le concept de la lutte intégrée, mais leur portée reste tout de même restreinte. Il est souvent nécessaire de compléter les mesures écologiques par des actions indirectes.

III. CONCLUSIONS

Les programmes de lutte intégrée contre les ennemis d'une espèce cultivée (mil, sorgho, maïs, etc..) peuvent varier dans une même zone ou d'une zone à l'autre. Ils dépendent de nombreux facteurs, tels que la dimension des champs cultivés, les moyens des exploitants, la variété et la phénologie des autres plantes cultivées en association ou dans les alentours et d'un ensemble de facteurs socio-économiques non négligeables. Ces programmes de lutte sont étroitement associés au programme général de développement de la culture, ils se modifient en fonction de l'acquisition de nouvelles connaissances, le processus d'élaboration est essentiellement dynamique.

Dans tous les cas, plusieurs phases d'opérations sont à considérer pour aboutir à des résultats positifs:

- 1) l'identification des principaux éléments de l'agro-écosystèmes;
- 2) la connaissance du développement et de l'interaction des principales composantes animales et végétales;
- 3) la détermination des seuils économiques;

- 4) l'expérimentation à échelle réduite pour examiner les interactions et les effets de stratégie et de tactiques possibles (réseau d'expérimentations et d'observations);
- 5) les études pratiques à grande échelle pour expérimenter les stratégies et les techniques paraissent prometteuses (zones de démonstrations et projets pilotes);
- 6) l'application de systèmes de surveillance et de prévision des fléaux;
- 7) la mise en oeuvre de stratégies et de tactiques efficaces à la portée des cultivateurs et inoffensives pour l'environnement.

Dans l'exécution des programmes de la lutte intégrée, il conviendra donc de donner la priorité à l'information, à l'éducation, à la formation et à l'animation. Ceci est essentiel, puisque la lutte intégrée est une méthode d'actions reposant sur certaines notions fondamentales, dont l'ensemble constitue une véritable doctrine que les chercheurs, les ingénieurs, les techniciens, les administrateurs, les cultivateurs et toutes autres personnes intéressées au développement doivent apprendre à connaître ou à utiliser. En fait, il s'agit de prendre en considération des systèmes biologiques fort complexes (les agro-écosystèmes) et de savoir que toute action entreprise au sein de ces systèmes entraînera une réaction.

Avant de développer la lutte intégrée contre les ennemis des cultures, l'utilisateur doit être capable de définir l'écosystème concerné, d'analyser les principaux éléments de cet écosystème, de comprendre leurs relations et surtout de prévoir les conséquences qu'entraînera chaque initiative. Ces conditions étant acquises, on peut alors espérer atteindre l'objectif ultime de la lutte intégrée, c'est-à-dire assurer à l'agriculteur des rendements maxima, à moindres frais, compte-tenu des contraintes écologiques et socio-économiques propres à chaque écosystème, et de la préservation à long terme de l'environnement.

Bamako, décembre 1980

Jean TETEFORT.

BIBLIOGRAPHIE

- BEINGOLEA, O.
1974 Integrated Pest Control in Latin America (in: "Environment and Development") Ed. D.M. Dworkin, pp. 77-94, Indianapolis Scope Misc. Public, 412 pp.
- BIBLIOTTI, E. et BRADER, L. Méthodes de Lutte Intégrée et de Lutte Biologique en Agriculture. Condition et Possibilités de Développement - CCE Inform. int. Agriculture 149, 123 pp.
- BOURNIER, J.P.
1979 Rapport Scientifique Annuel - GERDAT, Montpellier, décembre 1979.
- BRADER, J.
1975 Integrated Control of New Approach in Crop Protection. CR 5ième symp. Lutte Intégrée de Verger OILB/SRDP, pp. 9-16.
- BRENIERE, J.
1974 Les Problèmes des Lépidoptères Foreurs des Graminées en Afrique. Cas des mils, sorghos et maïs (Conférence OAU/STRC -PC 28 sur la sélection pour la résistance des céréales aux maladies et aux insectes) Ibadan, Nigéria, 1-5 juillet 1974, 13 pp. mult.
- CILSS/FAO
1978 Programme du Projet de Recherches et de Développement de la Lutte Intégrée contre les ennemis des Principales Cultures Vivrières dans les Pays du Sahel. Document de synthèse, 75 pp. plus Plans d'Opérations de Composantes Sous-Régionales et Nationales. CILSS, Ouagadougou (Haute-Volta) et FAO, Rome.
- DURANTON, J.F. et LAUNOIS
1978 Ecologie Opérationnelle en Zone Tropicale Semi-Aride, Ministère de la Coopération et GERDAT, Paris, 31 pp.
- ETIENNE, J.
1972 Lutte Biologique et Aperçu sur les Etudes Entomologiques Diverses Effectuées ces dernières années à la réunion. Agron. - Trop. 1973, 28/6-7. 683 à 687 pp.
- FALCON, L.A. et SMITH, R.P.
1973 Guidelines for Integrated Control of Cotton Insect Pests. Rome, FAO, AGPP - Misc. 8-92 pp.
- FAO, 1968 Report of the Second Session of the FAO Panel of Experts on Integrated Pest Control Rome 6-9 dec. 1972 Rome, FAO, 35 pp.

- FAO - 1980
Guidelines for The Integrated Control of
Pest Insect Pests. Rome, FAO.
- GRISON, P.
1972
Lutte Biologique et Ecologique Appliquée
(in Bull. Soc. d'écologie) fasc. 2, 1972,
7-18 pp.
- LECLANT, F.
1978
Etude Bioécologique des Aphides de la Région
Méditerranéenne. Implications Agronomiques.
Académie de Montpellier. Univ. des Sc.
et techn. du Languédoc, 1978 Thèse. Tomes
I et II.
- N'DOYE-M'BAYE
1979
Entomologie du Mil. Division d'Entomologie.
ISRA-CNRA, Bambey, Sénégal. Rapport d'Ac-
tivités 1977-78 (plusieurs notes scientifiques
et techniques regroupées).
Un facteur important limitant la productivité
des céréales de culture exondée dans le
Sahel africain: le problème des déprédateurs
C.R. Confr. Protec. Cult. Trop. Marseille
1979.
- RISBEC, J.
1950
La Faune Entomologique des Cultures au
Sénégal et au Soudan Français. Gouvern.
Gen. Afrique Occidentale, 683 pp.
- SMITH
1972
The Impact of the Green Revolution on Plant
Protection in Tropical and Subtropical Areas.
Bull. Entomol. Soc. An., 18/7, 14 pp.
- TETEFORT, J. et
WINTREBERT, D.
1965
Possibilité de Lutte Antiacridienne Intégrée
à Madagascar. C.R. Trav. Congr. Protec. Cult.
Trop. Marseille, 1965, 287-290 pp.

LES BORERS DES TIGES DES CEREALES EN AFRIQUE DE L'OUEST SAHELIENNEIMPORTANCE RELATIVE ET CONTROLE ^{1/}

K.F. NWANZE

INTRODUCTION

La majorité des cultures vivrières pratiquées par les populations habitant la région sahélienne de l'Afrique de l'Ouest est composée de céréales, notamment le mil, le sorgho et le maïs. Le riz est également cultivé mais surtout dans les zones riveraines où le sol est inondé la plupart du temps au cours de la saison. En Haute-Volta, les céréales constituent 90% de la production agricole totale ; de ce pourcentage, le mil et le sorgho comptent pour 92%, le maïs 5% et le riz 3%. Le mil et le sorgho contribuent pour 90% dans les besoins d'énergie nutritive et constituent l'alimentation de base de la population (CILSS, 1978).

Il existe trois contraintes majeures à la production de céréales dans le Sahel : la pluviométrie, le type et la fertilité des sols, les insectes nuisibles et les maladies des plantes. La pluviométrie annuelle est inégale et imprévisible dans le Sahel. Elle est unimodale et varie de 400 mm à 1200 mm sur une brève période de 2 à 5 mois. De manière générale, les sols sont peu profonds avec une texture allant du type sablonneux au type gravillonneux. Ils sont faibles dans la capacité d'échange de cation et sont déficients en phosphates. Les principales espèces de ravageurs appartiennent à deux ordres : Les Diptères et les Lépidoptères. Les Lépidoptères qui attaquent les graminées dans le Sahel sont presque exclusivement des borers des tiges appartenant aux familles des Pyrales et Noctuelles. Cependant, certaines Noctuelles sont des Défoliatrices très sévères, ex. : Spodoptera litoralis et S. exempta. Raghuva albipunctella (Noctuelle) détruit les épis de mil. Chez les Pyrales, l'espèce Acigona ignefusalis Hmps est le borer le principal ravageur du mil, mais il a également été observé sur le sorgho. Les autres Pyrales comprennent : Eldana saccharina sur le maïs, le mil, le sorgho ; et C. zacconius sur le riz et le maïs. Les borers importants chez les Noctuelles sont Busseola spp et Sesamia spp pour le maïs et le sorgho, Sesamia pouvant attaquer également le mil.

La taxonomie, la biologie et l'écologie des borers des tiges associées aux graminées en Afrique sont bien étudiées et documentées (Risbec, 1950; Tams et Bowden, 1953; Bowden 1956 ; Ingram, 1958 ; Harris, 1962; Appert, 1964 ; et Jerath, 1968). Une connaissance de la biologie, de l'écologie des plantes hôtes secondaires, et des parasites de ces espèces de ravageurs devrait faciliter le développement des mesures de contrôle qui soient accessibles en Afrique de l'Ouest.

^{1/} Document présenté à la conférence sur la "Lutte Biologique contre les Parasites et sa Potentialité en Afrique de l'Ouest du 9-13 février 1981.

^{2/} Entomologiste, ICRISAT-Projet Coopératif en Haute-Volta, PNUD, B.P. 1165, Ouagadougou, Haute-Volta.

Néanmoins, la mise en oeuvre de ces mesures de contrôle devrait prendre en considération la distribution des champs chez le paysan, les dates de semis décalées qui dépendent des pluies inégales et des économies d'application (coût bénéfice). Ce document portera surtout sur l'incidence, la distribution, les fluctuations saisonnières et le contrôle des espèces des borers des tiges dans le Sahel. Il se concentrera aussi sur la lutte biologique en tant que composante de contrôle dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre les ravageurs.

Distribution et Importance Relative

Les attaques de borers des tiges existent dans tout le Sahel mais leur incidence est étroitement liée à la pluviométrie. Dans les régions plus sèches, il se produit une réduction à deux niveaux: celui du nombre d'espèces et celui de la sévérité des attaques (Tableau n° 1).

Busseola fusca F. fut observé en Haute-Volta dans les régions en-dessous de 11°30'N de latitude avec des précipitations annuelles > 1000 mm, ce qui restreint ce ravageur à la région Sud où il a été observé sur le maïs et le sorgho. Cependant, au Nord du Nigeria, cette espèce fut observée sur sorgho jusqu'à Kano (12°N et 575 mm de précipitations en 1979) et Dustin-Ma (120 Km au Nord-Ouest de Kano). B. fusca n'attaque pas le mil.

Acigona ignefusalis est le borer prédominant sur le mil et il est plus largement distribué dans le Sahel que B. fusca. Dans la zone à précipitations importantes au Sud de la Haute-Volta on n'a pas trouvé A. ignefusalis sur le sorgho mais plus au Nord, à Kamboinsé, il remplace B. fusca sur le sorgho quoiqu'on le trouve moins fréquemment que Eldana ou sesamia (Tableau n° 1). Une répartition similaire a été observée au Nord du Nigeria. A. ignefusalis constitue pratiquement la seule espèce de borers qui attaque le mil au Niger.

Les espèces Sesamia calamistis et Eldana saccharina semblent restreintes au-dessous de 12°N de latitude et n'ont pas été observées au Nord de Kamboinsé. A Farako-Bâ, S. calamistis est aussi abondant que B. fusca sur le sorgho (Tableau N° 1) mais moins abondant qu'Acigona sur le mil. Les infestations de S. calamistis et d'E. saccharina sur le sorgho et le mil à Samaru sont très limitées.

Les infestations précoces des jeunes plants de mil et de sorgho peuvent avoir pour conséquence la destruction des jeunes feuilles centrales des plants et des pertes dans les cultures (Harris, 1962).

Les infestations plus tardives peuvent affecter la formation des épis et la plante devient sensible à la verse, les tiges pouvant se casser juste avant la récolte.

Au Ghana, Girling (1980) a montré que peu de dégâts étaient causés au maïs semé lors des premières pluies. Tandis que les semis des secondes pluies, donnaient des plantes très attaquées par S. botanephaga et E. saccharina et les cultures étaient presque complètement détruites. A Kamboinsé, nous avons constaté que les variétés locales de mil semées plus tôt ont encourues moins de dommages des infestations de A. ignefusalis que celles semées à une date plus avancée. Dans le Nord du Nigéria, l'infestation des champs de sorgho par B. fusca fut très sévère en 1980. Les dommages causés aux feuilles furent très étendus, la production d'épis et le remplissage des grains furent affectés.

L'infestation du mil A. ignefusalis au Niger est généralement très faible et les dommages sont généralement négligeables.

La courbe des infestations des borers des tiges est plus basse entre les mois de janvier et mai alors qu'elle monte rapidement à la saison des pluies entre août et octobre.

Normalement B. fusca et A. ignefusalis présentent 2 à 3 générations au cours de la période des cultures à Samaru (Harris 1962). Trois périodes distincts d'élévation du nombre de larves d'A. ignefusalis furent aussi enregistrées à Kamboinsé. Généralement les variétés de mil et de sorgho plantées plus tôt sont attaquées par la première génération des larves de B. fusca et d'A. ignefusalis mais les dommages causés sont minimes à cause des basses populations de larves. Les deuxième et troisième générations de larves inflige cependant des pertes sévères aux variétés tardives et aux semis tardifs ; particulièrement lorsqu'une période de sécheresse affecte la croissance. La troisième génération apparaît dans des conditions favorables et elle entre en diapause dans les tiges.

Contrôle

Considérant la distribution des champs chez le paysan et les pratiques culturales en Afrique de l'Ouest, les mesures de contrôle au niveau du paysan devraient être réalisables non seulement au niveau technologique mais aussi aux niveaux sociologique et économique. Toutes les méthodes devraient être vues comme des modalités à l'intérieur d'un programme viable de lutte intégrée contre les ravageurs.

Lutte Chimique

Il existe des difficultés inhérentes à l'usage des insecticides:
(1) la distribution des champs (2) le choix de la période d'application

opportune afin qu'il coïncide avec celui de la présence des larves à l'extérieure des tiges, c'est-à-dire avant leur pénétration dans la tige. (3) la disponibilité de l'eau. (4) le coût des insecticides (5) la technologie d'application et la disponibilité de personnel bien formé à cet effet (6) la toxicité. Les insecticides peuvent être subventionnés par le gouvernement dans quelques pays. Mais, si l'application du produit ne se fait pas judicieusement au temps opportun, cela peut détruire les ennemis naturels.

Résistance de la plante-hôte

L'usage de variétés de céréales résistantes a été peu exploité. Une première tentative sur le maïs fut entreprise au Nigéria mais fut abandonnée ultérieurement. Les variétés locales de mil et de sorgho présentent une bonne capacité de tallage. L'attaque des borers entraîne la plupart des herbes à taller et le tallage est un aspect de la tolérance variétale. Lors d'une faible infestation de borers, la production générale d'épis peut être reliée à la capacité de tallage stimulée en partie par l'attaque des borers. Il est donc important que les facteurs de tolérance qui ont été acquis par les variétés locales ne soient pas perdus au cours du processus d'amélioration variétale.

Des tentatives initiales devraient être effectuées pour tester un échantillon représentatif des collections de l'Afrique de l'Ouest et sélectionner les variétés résistantes. En plus, essayer en Afrique le matériel ayant déjà prouvé leur résistance au Chilo partellus (Zell) au centre ICRISAT de Hyderabad, Inde. L'importance et l'usage des variétés résistantes restent encore à être réalisés et on espère qu'un programme de pépinières résistantes aux borers des tiges sera mis sur pied à Samaru en 1981.

Contrôle Cultural

Dans plusieurs villages du Sahel, les pratiques de conservation des tiges des céréales: Construction des maisons et des clôtures, utilisation comme combustible, fourrage litière du bétail, tous ceux-ci assurent la survivance des larves en diapause. La destruction des résidus des cultures et du sorgho hors saison avant l'arrivée des pluies réduisait considérablement la population initiale de la première génération de borers. Adesiyun et Ajayi (1980) ont aussi montré qu'en brûlant partiellement les tiges immédiatement après la récolte, on détruisait 95% des larves de B. fusca avec peu de dommages causés aux tiges. La destruction des résidus de cultures et des cultures spontanées est une mesure de contrôle à la portée des paysans et devrait être encouragée.

A Kamboinsé et à Farako-Bâ, on a constaté que les dégâts causés aux cultures augmentent au fur et à mesure qu'on retarde la date de semis. Néanmoins, cette dernière dans le Sahel est dictée par

la pluviométrie et le choix judicieux de cette date nécessite l'éducation des paysans. L'utilisation des différentes variétés (précoces et tardives) et le choix non-uniforme de la date de semis optimum peuvent entraîner des problèmes dus à d'autres ravageurs. De plus dans la plupart des régions, les services d'encadrement sont peu organisés ou bien souvent non-existants.

Contrôle Biologique

Un certain nombre de parasites et de prédateurs ont été captés des larves et des chrysalides des borers des tiges en Afrique. Le parasitisme décroît en allant vers le Nord dans le Sahel (Tableau n°1). Ingram (1958) a enregistré un haut degré de parasitisme de S. calamistis par Apanteles sesamiae Cam. comme principal parasite en Ouganda. Le parasite fut également recueilli sur B. fusca et Chilo zonellus. Un grand nombre de Pediobius sp. (Eulophidae) furent recueillis de ces trois borers. L'auteur a également soutenu que les parasites indignes furent les principaux facteurs de contrôle du S. calamistis mais que l'incidence du parasitisme de B. fusca et C. zonellus était beaucoup moins élevée.

Les populations de parasites à Samaru sont généralement basses mais augmentent seulement vers la fin de la période des cultures (Harris, 1962). Le taux général de parasitisme dépasse à peine 10% des larves et des chrysalides et varie considérablement d'année en année en nombre et en espèces. La liste de Harris comprenait 14 parasites principaux : Les Hyménoptères pour la plupart, 3 hyperparasites, 1 prédateur et 4 maladies sur B. fusca, Sesamia sp et A. ignefusalis. Tetrastichus atriclavus Wtstn, A. sesamiae et Pediobius furvus Gah. furent toujours présents sur B. fusca et sont peut-être les espèces les plus importantes. Syzenctus sp. fut régulièrement recueilli sur la larve d'A. ignefusalis en diapause et, plus tard au cours de la saison, Sturmiopsis parasitica curran (le seul Diptère mentionné) et Hyperchalcidia soudanensis Steffan sont présents. Un parasite des oeufs, Telenomus busseolae Gah. (Scilionidae) fut recueilli des oeufs de B. fusca à Samaru. Pyemotes ventricosus Newp. (Pyemotidae, Acarina) fut décelé en tant que parasite externe de la larve d'A. ignefusalis en diapause. Parmi les maladies, Bacillus thuringensis était la plus importante sur la larve de B. fusca en diapause. Appert (1964) énumère également 50 espèces de parasites dans les Hyménoptères et huit Diptères, tous observés en Afrique. Parmi les espèces citées, A. sesamiae, P. furvus et S. parasitica étaient des Parasites communs d'A. ignefusalis, du B. fusca et du Sesamia sp.

Au Ghana, Girling, (1980) a trouvé que les prédateurs, présumés les multiples fourmis présentes, jouent un rôle important dans l'enlèvement des oeufs de E. saccharina mais le parasitisme est seulement de l'ordre de 0,6% sur le maïs de la première saison des pluies et de 2,4 % sur les cultures de la deuxième saison des pluies.

De même, dans les élevages au laboratoire d'E. saccharina le parasitisme contribuait pour une réduction seulement de 1,9% de la population des larves. Bordat et al. (1977), dans leurs études sur les borers des tiges qui attaquent les céréales en Afrique, ont également découvert plusieurs parasites de Chilo zocconius, d'E. saccharina, et de S. botanephaga. Contrairement aux auteurs précédents, des techniques d'élevage du laboratoire des parasites des larves et des chrysalides et puis des lâches au champs furent réalisés. Au Cameroun, 25% des larves des borers furent détruites par une combinaison des parasites Coelocentrus sp., Tetrastichus Sudanensis Stef. et Hyperchalcidia sudanensis Steff. Il en est de même pour A. flavipes qui fut introduit avec succès à Madagascar en 1955, 1960, et 1961, résultant au contrôle d'environ 50% de la population des larves du Chilo sacchariphagus B.

Des études préliminaires en Haute-Volta, ont permis d'identifier les parasites suivants comme agents de contrôle potentiels sur B. fusca à Farako-Bâ et A. ignefusalis à Kamboinsé :

A. Sesamiae, Procerochasmia glaucopterus Morl., Trigonogastra sp., Pediobius sp (Hymenoptère) et deux Diptères :

Plethysmochopta sp et Diploneura sp.

Tableau N°1 :

Incidence des Borers des tiges sur le sorgho et le mil dans dix localités de l'Afrique Occidentale Sahélienne.

Localité	Pluviosité annuelle (mm) 1980	Nombre tiges prélévées	% tiges attaquées	Fréquence de la larve du borers				Nbr. des Diptères parasites (1)	Nbr. des Hyménoptères parasites (1)
				<u>Busseola</u> sp.	<u>Sesamia</u> sp.	<u>Acigona</u> <u>ignefusalis</u>	<u>Eldana</u> <u>saccharina</u>		
<u>MIL</u>									
Corom-Coron	355,3	150	33,1	0	0	100	0	0	0
Kamboinsé (Ouagadougou)	759,8	1000	61,9	0	7,0	84,6	8,4	2,0	13,0
Farako-Bâ (Bobo-Dioulasso)	908,9	620	71,0	0	36,6	55,7	7,7	10,0	44,0
Niamey	-	215	45,0	0	0	95,5	4,5	0	22,0
Maradi	501,8	485	58,6	0	0	100	0	2,0	7,0
Samaru (Zaria)	1183,3 ⁽²⁾	180	68,9	0	3,7	73,2	3,1	0	18,0
<u>SORGHO</u>									
Kamboinsé	759,8	1000	11,5	0	39,1	9,8	51,7	0	0
Farako-Bâ	908,9	950	77,8	38,9	35,0	0	26,1	6,0	23,0
Samaru	1183,3 ⁽²⁾	520	99,2	98,2	0,5	0	1,3	54,0	126

1) Représente le nombre total de larves et/ou de chrysalides (ou cocens) observées dans les tiges.

2) Données pour 1979.

LITERATURE CITED

- Adesiyun, A.A. and Ajayi, O. 1980. Control of the sorghum stem borer, Busseola fusca, by partial burying of the stalks. Trop. Pest Management 26, 113-117.
- Appert, J. 1964. Les chenilles mineuses des céréales en Afrique Tropicales. Agronomie Tropicale 19 : 60-74.
- Bordat, D., Brenière J. and Coquard J. 1977. Foreurs de graminées Africaines: parasitisme et techniques d'élevage. Agronomie Tropicale 32: 392-399
- Bowden, J. 1956. New species of African stem-boring Agrotidae (Lepidoptera). Bull. ent. Res. 47 : 415-428.
- Bowden, J. 1976. Stem-borer ecology and strategy for control. Ann. appl. Biol. 84: 107-134.
- CILSS, 1978. Recherche et Développement de la Lutte Intégrée des Ennemis des Principales cultures vivrières dans les Pays du Sahel. Draft 20, CILSS Haute-Volta, Jan. 1978.
- Girling, D.J. 1980. Eldana saccharina as a crop pest in Ghana. Trop. Pest Management, 26 : 152-156.
- Harris, K.M. 1962. Lepidopterous stem-borers of cereals in Nigeria. Bull. ent. Res. 53: 139-171.
- Ingram, W.R. 1958. The Lepidopterous stalk borers associated with graminées in Uganda. Bull. ent. Res. 49: 367-383.
- Jerath, M.L. 1968. Seasonal abundance and distribution of sugarcane stem-borers in Nigeria. J. Econ. Entomol. 61: 593.
- Mohyuddin, A.I. and Greathead, D.J. 1970. An annotated list of the parasites of graminaceous stemborers in East Africa, with a discussion on their potential in biological control. Entomophaga, 15: 247-274.
- Risbec, J. 1950. La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan Français. (Dakar) Govt. gen. A.O.F. 87 pp.
- Tams, W.H.T. and Bowden, J. 1953. A revision of the African species of Sesamia Guenée and related genera (Agrotidae-Lepidoptera). Bull. ent. Res. 43: 645-678.
- Zampalegré, A. 1979. Elements de biologie et dégâts de Busseola fusca sur sorgho. Mémoire de fin d'études, Univ. de Ouagadougou, 52 pp.

LE RALENTISSEMENT DU DEVELOPPEMENT PREIMAGINAL

D'EPHESTIA KUEHNIELLA ZELL. (LEP. PYRALIDAE)

par

DAUMAL Jeanne, VOEGELE J. , BENOIT M. et PIZZOL Jeanine.
-----I - INTRODUCTION

Nous avons déjà montré (DAUMAL et al., 1975), qu'il était possible de produire de grandes quantités de Trichogrammes à partir d'un élevage d'Ephestia kuehniella. La transformation d'un tel élevage à l'échelon industriel soulevait cependant un certain nombre de problèmes liés, d'une part à la maîtrise de la qualité sanitaire des populations de Pyrale produites et, d'autre part, à la souplesse, régulation et duplication continue de la production d'oeufs. La conception d'une unité susceptible de cumuler, grâce à la diapause des Trichogrammes, les productions journalières de ces derniers, entraînait la recherche de possibilités de stockage au froid de l'hôte et d'apprécier l'action de ce facteur à tous les stades de son développement. Nous connaissons déjà les possibilités du froid sur la conservation de l'oeuf (VOEGELE et al., 1974). C'est donc essentiellement sur le développement larvaire et nymphal que portera cette étude.

Un autre aspect non moins intéressant était la recherche d'un traitement au froid qui puisse en même temps améliorer les performances de la Pyrale lui assurant, entre autre, une meilleure fécondité et une moins grande hétérogénéité du développement.

On sait par ailleurs que les femelles provenant de larves d'Ephestia hivernantes, pondent plus que celles de l'été, (HASSANEIN et KAHTEL, 1965) et que la température de 10°C (TAKEHARA, 1963-1966 in ASAHINA, 1969) serait la plus favorable chez un bon nombre de Lépidoptères

pour le conditionnement au froid. Par contre, l'exposition brutale à 2°C de larves d'E. kuehniella et P. interpunctella entraîne au bout de 50 à 60 jours la mortalité des larves des deux sexes (LE TORC'H, 1977). SOMME, 1966 souligne que, bien que la larve d'Ephestia soit sans diapause, l'hémolymphe du dernier stade larvaire subit d'importantes modifications au froid. Il est bon de rappeler également les études de COHET (1971, 1973) qui, bien que portent sur la Drosophile, montrent avec clarté les effets des températures de développement préimaginal sur les deux sexes. Compte tenu de ces données, nous avons recherché les possibilités de conservation des larves et chrysalides à 10°C et l'effet que le froid pouvait avoir, d'une part, sur les imagos produits (qualitativement et quantitativement), d'autre part sur la Néogrégarine Mattesia dispersa NAVILLE, particulièrement redoutée dans les élevages où elle détruit les chenilles par élimination du corps grasseux, rupture de la synthèse des protéines et envahissement des spores dans l'hémolymphe (LEIBENGUTH, 1970), enfin sur le cannibalisme des chenilles et leur comportement.

II - MODALITES DE L'ESSAI.

L'élevage des stades préimaginaux est effectué en boîte plastique transparente de 13 x 13 cm de base sur 7 cm de hauteur. Chaque boîte contient une quantité d'aliment à peine excédentaire soit 200 g de semoule de blé dur ainsi que 3 paquets de 8 bandes de carton alvéolé de 11 cm x 2 cm réunies par 3 élastiques centraux et formant 624 alvéoles. L'aliment est contaminé par 18 mg d'oeufs provenant de la 2ème nuit de ponte (pesés 24 heures après leur récolte) et ayant subi un développement embryonnaire de 86 à 94 H à 20°C. Le poids correspond à 630 oeufs, 35 oeufs pesant en moyenne 1 mg (pesées effectuées sur 10 lots). Les oeufs sont débarrassés au préalable des écailles et des éventuelles spores de Mattesia par aspiration puis ajoutés à un excipient, en volume double de semoule fine, avant d'être saupoudrés en pluie sur le carton alvéolé. Enfin, une aspersion en brouillard de 3 cc d'eau favorise l'éclosion et la prise alimentaire des 2 premiers stades. Trois boîtes sont utilisées par traitement élémentaire; 90 boîtes sont ainsi

placées en 5 séries de 18 à une thermopériode de 26-12⁰, 60% H.R. et à une pénombre permanente. Une série est retirée toutes les semaines à partir du 31^{ème} jour de développement et mise à 10⁰C, 70% H.R.. L'exposition des chenilles au froid n'est réalisée qu'après 31 jours de développement car ce n'est qu'à partir de ce délai qu'apparaît le troisième stade larvaire, stade larvaire, stade où commencent à se poser des phénomènes de compétition, d'élévation de température de la denrée et d'hétérogénéité du développement (OZER, 1953). A la température de 10⁰C, on retire un lot de 3 boîtes après des délais de 0, 7, 14, 28, 56 et 112 jours pour les déplacer à 20⁰ jusqu'à l'émergence et la ponte des adultes (Tableau II).

III - DISTRIBUTION DES AGES LARVAIRES DANS LA POPULATION DE CHENILLES POUR CHACUN DES TRAITEMENTS ELEMENTAIRES.

Le Développement des Ephestia étant très hétérogène nous avons été amenés à rechercher un caractère permettant de distinguer les divers stades larvaires. Nous avons fait appel à la mensuration de la capsule céphalique vue de dessus dans sa plus grande largeur, des chenilles des divers traitements élémentaires. Fig. 1.

Réparties sous la forme d'un histogramme Fig. 2 par classes de 1/10 de mm, ces mesures montrent que l'on est en présence de 2 catégories d'individus nettement distinctes. L'une groupe les chenilles du 2^{ème} au 5^{ème} stade larvaire et l'on y observe un chevauchement des mesures des capsules céphaliques des divers stades. L'autre est exclusivement représentée par les chenilles du 6^{ème} stade larvaire.

Quatre autres étapes sont par ailleurs décelables quantitativement et qualitativement, la prénymphe grâce à la formation du coccon de mue et à l'immobilité relative de la chenille, la nymphe jeune (chrysalide jaune), la nymphe âgée (chrysalide noire) et l'adulte.

Dès la sortie du froid et avant la mise en développement à 20°C un blocage de 430 individus environ, soit le tiers de la population par traitement élémentaire est effectué dans l'alcool de manière à examiner la distribution des stades larvaires et post larvaires dans la population de chaque groupe précité. Le contrôle des émergences des adultes s'effectue ponctuellement. De plus 5 couples sont prélevés entre le 2ème et le 10ème jour, 5 autres au milieu de l'étalement des émergences pour l'étude de la fécondité.

Ce prélèvement est effectué à partir de couples in copula de telle manière que l'on obtienne au moins 10 paires de partenaires. Chaque couple est isolé dans un cône et les oeufs sont dénombrés tous les matins après les 5 premières nuits de ponte. Les oeufs recueillis sont collés à l'eau sur une rondelle de papier noir puis placés sur un lit de semoule de manière à éviter que les chenilles ne consomment les oeufs et afin de pouvoir établir le pourcentage d'oeufs éclos.

On peut ainsi connaître les proportions relatives des différents stades qui composent à un moment donné la population d'un traitement élémentaire. Pour les chenilles mobiles, il suffit d'effectuer entre 30 et 50 mesures pour obtenir la répartition des stades. Nous avons représenté dans la Fig. 3 l'évolution, à la température de 10°C, des populations des différents traitements.

IV - FECONDITE

1) Action du froid sur la fécondité.

Les fécondités moyennes de 5 femelles écloses en début d'émergence (C1) puis de celles issues du milieu des émergences (C2) groupées dans la Fig.4 permettent de faire une analyse factorielle à 3 facteurs:
 A : séjour au froid (6 niveaux); B : séjour à 26-12°C (5 niveaux) ;
 C : ordre des sorties (2 niveaux); C1 début des émergences, C2 milieu des éclosions. (Tableau II).

Elle révèle une différence hautement significative au niveau de tous les facteurs avec interactions de 1er ordre et de 2ème ordre, hautement significative. La Fig.4 montre la nette supériorité du traitement B1 C1. Les chenilles correspondant aux adultes C2 ont eu un développement plus lent et ont été entrées à la température de 10°C à un stade plus précoce que les chenilles correspondant aux adultes C1.

Il semble donc que ce soient les stades jeunes jusqu'au quatrième stade qui puissent supporter des ralentissements au froid et permettre le déroulement des stades ultérieurs en leur apportant un surcroît de potentialités. Ces résultats diffèrent notamment de ceux obtenus par SIDDIQUI et BARLOW 1972 qui n'ont pu obtenir le développement d'Ephestia à 12°.

2) Corrélation poids/fécondité des femelles.

Les poids de 15 femelles vierges en provenance de l'élevage standard :B1 A1 et de 15 femelles prises au hasard du traitement B1 A6 ont été pris peu après l'expulsion totale du méconium. Elles ont été accouplées avec des mâles vierges des mêmes origines et le dénombrement des oeufs sur 5 jours à 20°C a été fait. Il existe une bonne corrélation entre poids et fécondité Fig. 5. Il est évident que le séjour de longue durée à 10°C, en favorisant considérablement la croissance pondérale, permet aux femelles d'accumuler des réserves qui serviront ensuite à la vitellogénèse.

V - INFLUENCE DU FROID SUR LE RENDEMENT EN ADULTES

Les émergences journalières correspondant à chaque traitement ont été cumulées et ramenées en pourcentage d'adultes obtenus sur le nombre d'oeufs mis en élevage. (Tableau III).

On voit que l'entrée précoce à 10°C suivie d'un long séjour à cette température (112 jours, traitement B1 A6) améliore sensiblement le rendement en adultes. Ce résultat est à attribuer vraisemblablement à la forte diminution du cannibalisme, liée d'une part à l'alimentation et à la croissance sous l'action du froid à 10°C et d'autre part au fait,

qu'à la sortie de la température basse, la population est presque exclusivement constituée de stades immobiles (prénymphes). Lorsqu'on a fait pénétrer au froid une population essentiellement constituée de nymphes (traitement B5 A1) et bien qu'il y ait peu de cannibalisme, on observe une forte baisse du rendement en adultes. L'examen de tous les cocons après le 40^{ème} jour d'émergence (Tableau IV) nous montre qu'effectivement aux pourcentages d'émergences élevés, correspondent de faibles mortalités qui n'affectent pas qu'un seul stade. Par contre, aux pourcentages d'émergence élevés ne sont tués que des adultes bien formés à 10⁰C mais qui ont souffert de leur dessiccation progressive au froid.

VI - INFLUENCE DU FROID SUR LE REGROUPEMENT DES EMERGENCES

Nous avons vu qu'Ephestia kuehniella présente un développement très hétérogène. Dans l'élevage classique l'obtention des imagos s'étale en effet sur une soixantaine de jours à 20⁰C. Il était donc intéressant de voir l'effet du froid sur les durées des émergences. Nous n'examinerons que les deux traitements B1 et A1 (pas de froid) et B1 A6 (4 mois de froid) Fig. 6.

On voit que l'obtention de 90 % des émergences est réalisée par le traitement B1 A6 en 14 jours alors que le traitement B1 A1 exige 21 jours, soit une durée de moitié supérieure.

VII - INFLUENCE DU FROID SUR LA SPERMIOGENESE.

Cette influence a été étudiée par LUM 1977 chez Plodia interpunctella et Ephestia cautella. A 30⁰C le stade prénymphal-nymphal du mâle est particulièrement sensible.

NORRIS, 1933, RAICHOUDHURY, 1936 ont montré chez Ephestia kuehniella l'extrême sensibilité des mâles à la température de 27⁰C. Nous avons constaté un phénomène analogue chez des individus mâles

à des stades postérieurs à la pronymphe dont la nymphose puis l'éclosion se poursuivaient à 20°C après la sortie de 10°C. Le phénomène, rare pour le traitement de conservation le plus intéressant (B1 A6) avec un cas sur 60 accouplements pour le 1er jour devenait plus net en B2 A5 avec 13 cas sur 13, jusqu'au 14 ème jour d'émergence; on constatait une reprise normale de la ponte fertile après le 15 ème jour de sortie. L'effet s'amplifiait dès le traitement B4 A5.

En effet, bien que les mâles de ces traitements soient apparemment normalement formés que les couples demeurent in copula jusqu'à la mort, ou bien qu'ils se séparent, les femelles ne donnent que quelques oeufs stériles au bout de 20 jours de survie. Elles ont cependant des ovaires remplis d'oeufs très tassés.

Si l'on croise en couples séparés 15 mâles issus des traitements du froid avec 15 femelles vierges provenant de l'élevage normal ainsi que des femelles vierges issues du froid avec des mâles vierges de l'élevage, dans le premier cas aucune ponte fertile n'est obtenue, dans le second toutes les femelles donnent une descendance féconde de l'ordre de 300 oeufs. Les mâles restent infertiles de façon permanente jusqu'à leur mort. Des dissections et des montages des femelles et des mâles du froid, soit in copula, soit de mâles jeunes et âgées issus de 10°C, comparés à ceux de témoins ont montré que les mâles du froid étaient capables de déposer 1 à 2 spermatophores dans la bourse copulatrice. De même, l'écrasement du testicule et son examen au microscope n'a révélé dans ce dernier que des permatides. La recherche des spermatozoïdes dans les canaux séminaux ou dans la bourse copulatrice par dissection des spermatophores s'est avérée négative alors qu'on les retrouve chez les témoins. Ceci confirme qu'après l'accouplement avec un mâle stérile ou immature la femelle ne peut émettre ses oeufs, ce qui a déjà été observé par STOCKEL 1972 pour Sitotroga cerealella OLIV.. L'exposition au froid des stades post-larvaires d'Ephestia est fatale pour les mâles, elle n'affecte que très modérément les femelles pour les durées considérées. Cependant le séjour prolongé de nymphes à 10°C

rovoque des phénomènes d'absorption qui diminuent la fécondité. Le devenir des rares oeufs émis dans ces conditions n'a pu être suivi.

La figure 3 nous montre clairement que le stade le plus sensible est celui de l'étape séparant la prénymphe de la nymphe. Celle-ci correspond aux processus de la mue prénymphe et du début de nymphose. Durant cette période la spermiogénèse est fortement affectée et de manière irréversible par le froid. Par contre les nymphes mâles semblent résistantes et peuvent, du moins aux températures permettant l'émergence des imagos (12 à 16°C), subir des ralentissements de l'ordre de 40 jours sans qu'il y ait apparition sensible de stérilité.

VIII - LONGUE CONSERVATION DES STADES LARVAIRES.

Ces différents résultats nous ont amené à rechercher l'action prolongée du froid sur des stades très jeunes d'Ephestia. C'est ainsi que nous avons placé une population de 8 000 larves du 1er stade à 10°C. Dès l'apparition de 2 à 3% de nymphes jaunes claires au bout de 6 mois 1/2 nous avons laissé la nymphose s'effectuer à 20°C pour 4 000 individus. Le reste de la population est entrée à 5°C.

La population larvaire était alors composée en majeure partie de larves du même stade dont les mensurations sont comprises entre 66 et 120 dixième de mm, pour des poids de 33,7 mg en moyenne pour les ♀ et 34,9 mg pour les ♂. Elle s'est transformée à 20°C en adultes dont les fécondités ont été suivies et sont comparables à celles obtenues dans l'essai ci-dessus. La stérilisation permanente des mâles ne s'est produite que sur les premiers couples formés. Par contre des prélèvements effectués au bout de 3 mois à 5°C, laissaient apparaître que les larves demeuraient dans un état assez stable. Le poids moyen des larves ♂ chutait à 29,7 mg, celui des femelles à 30,7 mg. Placées à 20°C ces larves donnèrent des couples fertiles dont la fécondité moyenne était de 209 descendants en 5 jours de ponte. On notait la présence d'un mâle sur dix avec une anomalie de la spermiogénèse ce qui correspond aux pro-nymphes âgées entrées à 5°C.

On voit donc qu'un ralentissement de longue durée (9 mois) est possible en admettant une perte effective de l'ordre de 20% correspondant aux individus à développement rapide.

IX - EFFET DU FROID SUR LES MALADIES .

Les formes résistantes de certains protozoaires (spores) peuvent subir sans dommage des chocs thermiques froids, ainsi les spores de Nosema apis supportent -190°C et redeviennent infectieuses à 25°C . Elles ne sont détruites que vers 45° (symposium 1976 à Merelbeke, GAND, INRA Bures).

Pour notre part nous n'avons plus observé de cadavres de chenilles dues à Mattesia dispora lorsque les populations larvaires se développaient à 10°C . Le phénomène s'est généralisé à de grandes masses d'élevage sans conditions particulières de désinfection préventives et permanentes. De ce fait un élevage de masse au froid ainsi conduit, permet de disposer d'une souche larvaire indemne de la grégarine. En effet, lors du retour à la température de 20° pour la nymphose la masse des larves du dernier stade qui a complètement achevée sa prise alimentaire au froid n'ingère plus d'aliments; elle ne fait que parachever le cocon de transformation imaginal en transportant des déjections ou les fragments de semoule utilisés pour la construction des fourreaux de mue. Il n'est pas impossible de penser que les températures basses, en modifiant la composition de l'hémolymphe, ne détournent le déroulement du cycle infectieux.

CONCLUSIONS:

Il est possible de maintenir à la température de 10°C de grandes populations larvaires d'Ephestia kuehniella du troisième stade pendant une durée optimale de 100 jours. Au-delà, des modifications profondes commencent par effectuer la spermiogénèse.

Cette méthode, si elle a l'inconvénient de tripler la durée du développement larvaire, présente par contre des avantages importants:

- augmentation de la croissance pondérale et
- augmentation de la fécondité des femelles
- disparition des effets d'un germe pathogène endémique et suppression de méthodes prophylactiques astreignantes,
- diminution considérable du cannibalisme par l'exploitation ralentie du territoire alimentaire et comportemental d'où obtention d'un rendement optimal en imagos.
- regroupement de l'étalement des sorties d'adultes (80% en 25 jours en élevage massal).
- disponibilité d'un stock insérable à tous moments dans les chaînes de fabrication d'entomophages tels les Trichogrammes,
- souplesse dans les manipulations et la programmation des productions,
- multiplication à l'infini des unités,
- compaction des unités d'élevage.

Dans de telles conditions le rendement en adultes voisine 85% avec la certitude d'une croissance pondérale optimale, d'un taux de féminité de 1, 0, l'absence de germes pathogènes indésirables, l'exclusion de consommateurs gênants comme les Acariens, Tribolium, ou les parasites habituels tels Habrobracon et Nemeritis, les uns et les autres étant considérablement freinés dans leur développement par ces basses températures.

B I B L I O G R A P H I E

- ASAHINA E. - 1969. Frost Resistance in Insects
Advances in Insect Physiol., 6, 1 - 48.
- COHET Y. - 1971. Mise en évidence de l'influence létale de la copulation chez les Drosophiles femelles élevées à basse température.
C.R. Acad. Sc. Paris T. 273 D, 2542 - 2545.
- COHET Y. - 1973. Stérilité mâle provoquée par une basse température de développement chez Drosophila melanogaster.
C.R. Acad. Sc. Paris T. 276 D, 3343 - 3345.
- COHET Y. - 1973. Réduction de la fécondité et du potentiel reproducteur de la Drosophile adulte consécutive au développement larvaire à basse température.
C.R. Acad. Sc. Paris T. 277 D, 2227 - 2230.
- DAUMAL J., VOEGELE J., BRUN P. - 1975. Les Trichogrammes. II. Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution Ephestia kuehniella ZELL. (Lepidoptera, Pyralidae).
Ann. Zool. Ecol. Anim., 7, 1, 45 - 59.
- HASSANEIN M.A., KAHEL A. H. - 1965. Biological studies on the Mediterranean flour moth A. kuehniella ZELLER (Lep. Phycitidae).
Bull. Soc. Ent. Egypte, 49 ; 327 - 358.
- LEIBENGUTH F. - 1970. Veränderung der Haemolymphe aus gewachsener Ephestia Raupen nach Infektion mit Mattesia dispora.
Z. Parasitenk. 33, 235 - 245.
- LE TORC'H J.M. - 1977. Le froid: moyen de protection contre les ravageurs des denrées stockées. Essais de laboratoire sur les insectes des pruneaux.
Rev. Zool. Agri. Pat. Veg. 76, 109 - 117.
- LUM P. T. M. - 1977. High Temperature inhibition of development of eupyrene sperm and of reproduction in Plodia interpunctella and Ephestia cautella.
J. Georgia Entomol. Soc. 12 (3), 199 - 203

- NORRIS M. J. - 1933. Contributions towards the study of insect fertility.
II. Experiments on the factors influencing fertility in
Ephestia kuehniella ZELLER (Lepidoptera Phycitidae).
Proc. Zool. Soc. Lond. 4, 903 - 934
- OZER M. - 1953. Contribution à l'étude de la Teigne des farines. Comportement
de ponte et comportement alimentaire des chenilles.
Ann. Epiphyties IV, 479 - 509.
- RAICHOUDHURY D.P., - 1936. Retardation of spermatogenesis and reduction of
motility of sperm in Ephestia kuehniella ZELLER (lepidoptera
Phycitidae) caused by high temperatures.
Proc. Zool. Soc. Lond. (3), 789 - 805.
- SIDDIQUI W.H., BARLOW C.A. - 1972. Population growth of Anagasta kuehniella
(Lepidoptera : Pyralidae) at constant and alternating
temperatures.
Ann. Ent. Soc. Amer. 66, 3, 579 - 585.
- SOMME L. 1966. The effect of temperature, anoxia, or injection of various
substances on haemolymphes composition and supercooling in
larvae of Anagasta kuehniella (ZELL.).
J. Insect. Physiol. 12, 1069 - 1083.
- STOCKEL J. - 1972. Stimulus inducteur de la ponte chez les femelles de Sitotroga
cerealella OLIV. (Lep. Gelechiidae).
C.R. Acad. Sc. Paris T. 275 D, 385 - 388.
- VOEGELE J., DAUMAL., BRUN P. et ONILLON J. - 1974. Action du traitement au
froid et aux ultraviolets de l'œuf d'Ephestia kuehniella
(Pyralidae) sur le taux de multiplication de Trichogramma
evanescens et T. brasiliensis (Hym. Trichogrammatidae).
Entomophaga 19 (3), 341 - 348.

S U M M A R Y

It is possible to obtain the larval development of Ephestia kuehniella under a constant temperature of 10°C during 100 days, from the second stage larvae until the prepupa. After this stage the spermatogenesis is stopped in an irreversible way. However, this treatment that lengthens the cycle of the insect, presents numerous advantages : grouping of hatching, increase of the larval weight and of the fecundity, reduction of competition, finally persistence of satisfying sanitary state that is essential to industrial mass rearing of entomophagous insects like for example Trichogramma.

EPHESTIA : CONSEQUENCES DU FROID

R E S U M E

Il est possible d'obtenir le développement larvaire d'Ephestia kuehniella à la température constante de 10°C sous une durée de 100 jours depuis la larve du second stade jusqu'à la pronymphe . Au-delà de cette étapes la spermiogénèse est interrompue de façon irréversible.

Ce traitement qui allonge le cycle de l'insect présente par ailleurs de nombreux avantages : regroupement des éclosions, accroissement du poids larvaire et de la fécondité, réduction de la compétition enfin persistance d'un état sanitaire satisfaisant, indispensable dans les élevages de masse nécessaires à la production industrielle d'entomophages tels par exemple les Trichogrammes.

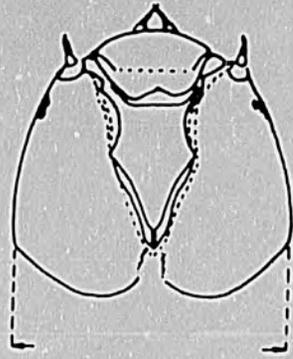


FIGURE 1. Mesure de la plus grande largeur de la capsule céphalique.

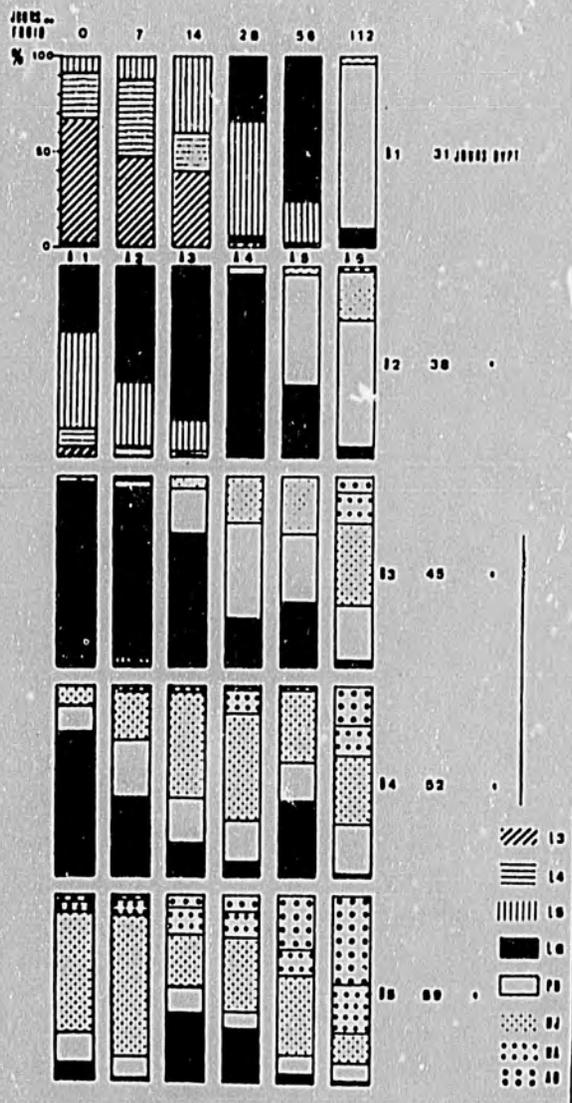


FIGURE 3. Evolution des populations larvaires et post larvaires à 10°C.

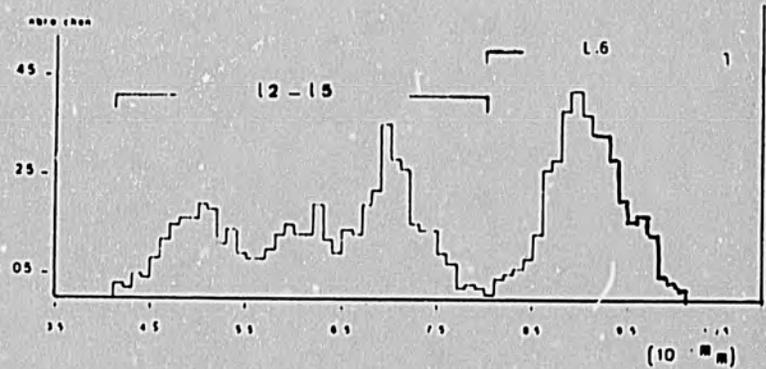


FIGURE 2. Histogramme des fréquences des largeurs de la capsule céphalique des chenilles du 2ème au 6ème stade larvaire d'*E. kuehniella*.

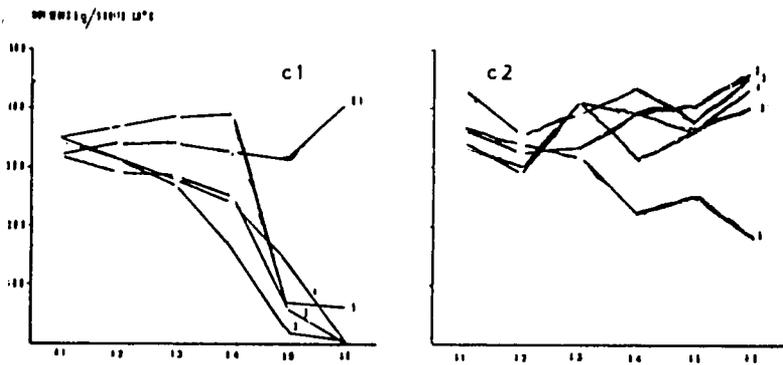


FIGURE 4. Fécondité moyenne des femelles.

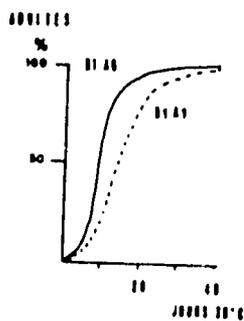


FIGURE 6. Regroupement des émergences.

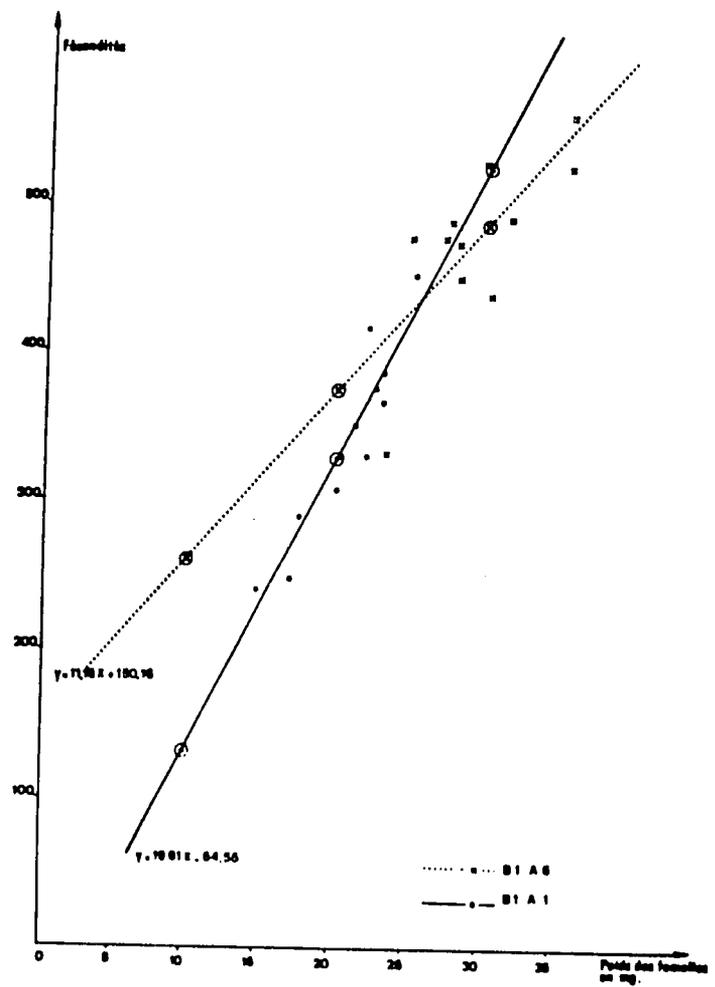


FIGURE 5. Droites de régression poids/fécondité pour les traitements B1 A 6 et B1 A 1.

		SEJOUR EN JOURS A 10°C						
		0	7	14	28	56	112	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	
SEJOUR 26-12° EN JOURS	31	B1	A1 B1	A2 B1	A3 B1	A4 B1	A5 B1	A6 B1
	38	B2	A1 B2	A2 B2	A3 B2	A4 B2	A5 B2	A6 B2
	45	B3	A1 B3	A2 B3	A3 B3	A4 B3	A5 B3	A6 B3
	52	B4	A1 B4	A2 B4	A3 B4	A4 B4	A5 B4	A6 B4
	59	B5	A1 B5	A2 B5	A3 B5	A4 B5	A5 B5	A6 B5

TABLEAU 1 : Nomenclature des différents traitements élémentaires.

	S. CARRES ECARTS	DOL	S. CARRES MOYENS	F
Traitements	4 668 885	59	79 133	15,4
A	781 070	5	156 214	30,5 **
B	594 515	4	148 628	29 **
C	923 187	1	923 187	180 **
AB	638 758	20	31 937	6,24 **
AC	778 602	5	155 720	30,4 **
BC	383 284	4	95 821	18,7 **
ABC	569 467	20	28 473	5,5 **
TOTAL	5 919 191	209		
ERREUR	1 207 465	236	5 116	

TABLEAU II : Analyse factorielle des fécondités.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	70,1	64	78,3	84,8	80,3	95,3
B2	83,4	79,5	73,1	78,4	83,6	77,7
B3	78,7	66,5	73	77,8	79,1	66,7
B4	77,9	63,7	65,5	71,3	81,7	86,8
B5	62	66,7	64,8	54,6	62,1	37

TABLEAU III : Pourcentages d'adultes obtenus éclos.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	9,5	7,3	1,3	0,6	0,0	0
B2	2,2	6	3,3	0	2	1,9
B3	2,4	2,6	1,3	0,6	2	12,4
B4	3,2	14	6,6	9,3	2	11,7
B5	24	20,6	14	22	16,6	43,3

TABLEAU IV : Pourcentage de mortalité au cours de la métamorphose.

L'Emploi de Pathogènes d'Insectes dans la Lutte Intégrée
contre les Ravageurs

Jerry Fowler
Ministère de l'Agriculture
USAID/PASA
Guinée Bissau

RESUME

Ce document traite de cinq principes de base dans le domaine de la pathologie des insectes, menant aux généralisations suivantes:

(1) la plupart des pathogènes sont transmis par ingestion; (2) la variété d'hôtes peut être limitée à une espèce précise de ravageurs visés; (3) les pathogènes sont souvent inactivés par les conditions de l'environnement, mais leur activité peut être stimulée par des additifs de protection; (4) la virulence ou la pathogénicité d'un pathogène d'insecte est soumise à l'influence de la dose administrée et de l'âge de l'hôte; (5) le mode d'action peut être soit un facteur toxique soit l'emploi de la source de l'énergie de l'hôte. Des exemples de pathogènes d'insectes sous forme de virus, bactéries, champignons et nématodes sont présentés ainsi que leur potentiel d'utilisation sur le terrain. On traitera également de l'application des insecticides microbiens.

INTRODUCTION

La pathologie des insectes est une branche de l'entomologie qui traite des maladies des insectes. C'est une discipline qui comprend l'utilisation de microorganismes ou leurs dérivés comme méthodes de lutte contre les insectes nuisibles. Comme vous le savez, des maladies comme la variole, la tuberculose et le choléra ont causé des épidémies ou des diminutions notables de la population humaine.

Les pathogènes d'insectes peuvent infliger une décimation similaire à une population d'insectes. C'est ce qu'on appelle une épizootie. En pathologie des insectes, l'un de nos objectifs est d'agir sur ces épizooties à notre avantage. Ceci peut être accompli de plusieurs manières: (1) en observant une population d'insectes dans le but d'y trouver des signes d'agents toxiques, puis en rassemblant des insectes malades et en les dispersant parmi la population du ravageur; (2) en propageant des pathogènes en laboratoire puis en les dispersant dans la zone touchée par les ravageurs; (3) en appliquant des dérivés pathogènes à métabolisme de microorganisme sur des surfaces avec lesquelles l'espèce de ravageurs entrera en contact. Nous avons à notre disposition une grande variété d'agents vecteurs de maladies. Les plus importants sont les virus, les bactéries, les champignons, les protozoaires, les rickettsies et les nématodes. Concrètement, plus de 1000 pathogènes d'insectes ont été décrits (Ignoffo et Hink 1971)/ De plus il est tout à fait possible que plusieurs pathogènes restent encore à découvrir.

En étudiant l'histoire de la pathologie des insectes, nous nous apercevons qu'il ne s'agit pas d'une science récente. Déjà Aristote avait étudié les maladies des abeilles puis en 1835 Agostino Bassi a démontré que le champignon *Beauveria bassiana* pouvait infliger une maladie mortelle aux vers à soie. Alors que ces premiers chercheurs travaillaient sur des insectes domestiques, peu de temps après, d'autres chercheurs menèrent des expériences sur la manipulation de ces agents vecteurs de maladies. Par exemple, Metchnikoff a prouvé que le scarabée *Anisoplia austriaca* pouvait être détruit par infection du champignon *Metarrhizum anisopliae* (Steinhaus 1969).

Notre plus grand pas en avant a peut-être été la mise sur le marché du premier pathogène microbien commercial en 1938. Cette préparation fut appelée Sporeine, et est une préparation bactérienne du *Bacillus thuringiensis sporogène* (Jacobs 1950). Aujourd'hui 50% des produits Cole tels que choux, brocoli, choux-fleurs produits en Californie sont traités par des préparations de *B. thuriengiensis*.

PRINCIPES DE BASE.

Ce que je voudrais faire aujourd'hui dans le temps qui m'est imparti est de présenter quelques principes de base sur ce sujet, présenter chaque type de pathogène et voir comment ces principes peuvent être appliqués à un programme de lutte contre les ravageurs.

Les cinq principes de base à considérer dans un programme de lutte microbienne sont:

1. La transmission du pathogène - ou comment le vecteur de maladie est transféré d'un insecte hôte à un autre
2. La variété d'hôte du pathogène - ou comment plusieurs types différents d'insectes peuvent être infectés par un vecteur de maladie particulier.
3. La persistance du pathogène - ou combien de temps le pathogène demeurera actif dans l'environnement.
4. La pathogénicité du vecteur de maladie - ou quelles sont les conditions de dosage pouvant provoquer la mortalité dans une population d'insectes d'un âge donné.
5. Le mode d'action du pathogène - ou comment le vecteur de maladie affecte son hôte.

Premièrement, la transmission des vecteurs de maladie s'effectue le plus communément par l'ingestion du pathogène. C'est le mécanisme de transmission pour la plupart des bactéries, virus, rickettsies et protozoaires. Dans certains cas, comme avec les champignons et les nématodes, le corps de l'insecte peut être pénétré par le pathogène grâce à l'emploi d'enzymes digestifs. Un autre mécanisme de transmission est la transmission transovarienne. Dans ce type de transmission, l'oeuf de l'insecte est infecté par des vecteurs de maladie présents dans les tissus reproducteurs ou les excréments du parent femelle. Les infections de l'insecte qui vient d'éclore se produisent par ingestion du vecteur de maladie. Certains vecteurs peuvent aussi être transmis par des parasites hyménoptères. Dans ce type de transmission l'insertion d'un ovipositeur contaminé peut introduire un pathogène dans un hôte approprié.

Le deuxième principe, celui de la variété de l'hôte est extrêmement variable, et dépend du pathogène spécifique considéré. La bactérie *Bacillus thuringiensis* par exemple, attaque un large éventail d'hôtes lépidoptères. Voir Fig. 1. Quelques virus ont également une grande variété d'hôtes, alors que d'autres sont très spécifiques. Voir Fig. 2. Le point peut être le plus important en ce qui concerne la variété d'hôte est que les organismes non visés, tels que les abeilles productrices de miel, les mammifères et les poissons ne sont habituellement pas affectés. Les résultats d'expériences réalisées suggèrent que la plupart des insecticides microbiens n'affectent pas les organismes bénéfiques.

En ce qui concerne la persistance du pathogène, on a démontré que des températures élevées et de forts ensoleillements mettent en danger la survie de plusieurs de ces microorganismes. Smirniff 1972 et Jacques 1972 ont démontré une importante diminution d'activité de préparations virales soumises à la radiation des ultraviolets. Voir Fig. 3. Les spores bactériennes et fongiques présentent des pertes d'activité semblables lorsqu'elles sont exposées à des conditions défavorables. L'emploi de mélanges protecteurs a mené à une prolongation de l'activité de certains pathogènes (Angus et Luthy 1971). L'emploi d'appâts de son qui protègent quelque peu le pathogène du soleil s'est également avéré efficace lors d'essais sur le terrain (Henry et al 1973). Le cadavre de l'hôte peut aussi jouer un rôle en maintenant la maladie au sein de la population de ravageurs pendant plusieurs générations.

Un point important ici est l'effet à long terme qu'un pathogène d'insecte peut avoir sur une population. En d'autres termes des applications uniques peuvent causer des épizooties dans plusieurs générations d'un ravageur donné (Maddox 1973).

Le 4eme principe - la pathogénicité du vecteur de maladie concerne l'expression de la virulence du pathogène. En termes plus simples, il s'agit de l'efficacité avec laquelle un agent produit la mort de son hôte. Plus le pathogène est virulent, plus on peut raisonnablement s'attendre à ce que l'hôte soit tué plutôt que rendu malade, puis éventuellement guéri. La pathogénicité est alors décrite en termes de dose mortelle médiane ou DM 50.

Cette appellation désigne la dose ou le nombre d'agents microbiens exigée pour produire la mort de la moitié des organismes tests. Malheureusement a elle toute seule, le DM 50 ne donne pas une description exacte de l'effet pathogène total. Les insectes répondent aux accroissements de dosages de pathogènes par un accroissement du nombre d'insectes infectés et un accroissement de la mortalité. Voir Fig. 4. Comme on le voit sur cette courbe dose-mortalité, le nombre d'insectes morts augmente avec la concentration du produit utilisé. En termes généraux, plus la pente est raide, plus la virulence du pathogène est élevée. De même, plus la pente est douce plus grande est la variation de réponse à un pathogène donné. En général les vecteurs de maladies produisent des courbes dose-mortalité à pentes faibles. Ce qui signifie qu'un nombre relativement élevé de pathogène est nécessaire pour obtenir 100% de mortalité. La fig. 5 offre une comparaison de courbes entre l'insecticide DDT et plusieurs pathogènes d'insectes.

L'insecticide, comme prévu, a une pente très élevée de 5.5. Les pathogènes présentent des pentes inférieures à 2.8. A première vue, il semblerait que le DDT soit le meilleur choix parmi les agents de lutte dont on dispose. Cependant, nous savons tous les conséquences de l'emploi de cet agent sur l'environnement. Ce qui est moins connu, cependant, c'est que les préparations de *B. popilliae* et *B. thuringiensis* sont très efficaces pour lutter contre leurs hôtes respectifs. De plus ces courbes ne tiennent pas compte des diminutions de population dues à la transmission de la maladie des demelles infectées à leurs larves ni des réduction de pontes.

D'après la Fig. 6, il apparaît qu'un effet de lutte énorme peut se produire sur la deuxième génération; ce qui n'est jamais reflété dans les courbes de DM 50 ou de dosage-mortalité.

La virulence par rapport à l'âge de l'hôte est un facteur important à considérer lors de l'application de pesticides microbiens.

La Fig. 7 illustre le fait que les larves des premiers stades sont plus faciles à détruire que les larves plus âgées.

Deux exemples vont servir à illustrer le mode d'action des pathogènes: ce sont (1) *Bacillus thuringiensis*, bactérie sporogène, et (2) un protozoaire appartenant à la classe des microsporidies des sporozoaires. Le processus d'infection par *B. thuringiensis* commence par l'ingestion de la spore et du cristal. Ces éléments sont contenus à l'intérieur des sporanges ou restes de la cloison cellulaire bactérienne végétale. L'alkalin ou les bases présentes dans le mésogastre de l'espèce lépidoptère vulnérable créent la décomposition du cristal. Ce sont ces produits de décomposition toxiques qui sont responsables de la mort de la larve. Voir Fig. 8. La réaction initiale de l'hôte est une paralysie de l'intestin causée par l'endotoxine. Plusieurs autres toxines jouent un rôle dans la destruction de l'hôte. Ce sont: la phospholipase C qui détruit les cellules de l'intestin et permet l'entrée des spores dans l'hémocoel où elles germent et se multiplient rapidement; l'exotoxine Alpha et l'exotoxine Beta qui sont libérées au cours du métabolisme bactérien, et l'exotoxine Gamma qui a une activité de phospholipase.

Le mode d'action des protozoaires de la classe des microsporidies est tout a fait différent du modèle bactérien. L'infection commence bien par l'ingestion d'un spore mais la ressemblance s'arrête là. Une fois dans l'intestin, la spore s'ouvre et envoie le filament axial dans l'intestin de l'hôte. Du filament polaire emerge un sporoplasme qui pénètre les tissus de l'intestin et entame une série de divisions à l'intérieur du corps gras de l'hôte. Ce processus de division de même que le métabolisme général du parasite épuise les ressources d'énergies de l'hôte. C'est cet épuisement des ressources d'énergie qui provoque la mort de l'hôte.

Lorsqu'on compare les deux modes d'action, il est important de se rappeler que *B. thuringiensis* tue son hôte avec des produits toxiques de son métabolisme alors que la microsporidie épuise les sources d'énergie de son hôte. De la on peut conclure que *B. thuringiensis* causera la mort de l'hôte dans une période de temps plus courte que la microsporidie.

TYPE DE PATHOGENES D'INSECTES

Bien qu'on ait dénombré plusieurs centaines de pathogènes d'insectes nous ne présenterons ici que quelques exemples représentatifs choisis parmi les pathogènes virus, bactéries, champignons, protozoaires et nématodes.

Le groupe le plus prometteur de pathogènes est peut être celui des virus. Ce groupe comprend des membres dont la taille varie de l'élément visible au microscope électronique à l'élément trouvé dans

des agrégés de 15 microns. Tous sont des parasites intracellulaires et ne peuvent être cultivés en milieu artificiel comme les bactéries ou les champignons. Etant donné que la classification de ces pat-ogènes demeure hypothétique, on utilisera l'ancienne terminologie. Par exemple, on dira polyédrose nucléaire et polyédrose cytoplasmique au lieu de bacilovirus.

Les virus de polyédrose nucléaire tirent leur nom du fait qu'ils se multiplient dans le noyau cellulaire de l'hôte. Le terme polyédrose provient du fait que plusieurs virions ou particules de virus infectieux sont enfermés dans une matrice de protéine qui a la forme d'un polyèdre irrégulier. La plupart de ces virus attaquent les larves de lépidoptères. Jusqu'à présent, l'emploi d'un seul virus de polyédrose nucléaire a été officialisé dans le cadre de la lutte contre les ravageurs. Le nom de cette préparation dans le commerce est Elcar, produits par les Laboratoires Sandoz. Il a été utilisé avec succès contre toutes les espèces du genre *Heliothis*. Il est efficace pour combattre le ver du coton, le ver du tabac et le ver de la tomate.

D'autres virus qui ne seront pas traités ici sont les virus de granulose, de polyédrose cytoplasmique et les virus à non inclusion. Aucun d'eux n'a encore été officialisé mais ce processus est en cours. Plusieurs d'entre eux promettent d'être d'excellents agents de lutte biologique.

Les bactéries les plus importantes dont on dispose actuellement dans le commerce sont les sporogènes. Elles font partie du genre *Bacille*. Le nom de ce genre est dérivé de la cellule végétale en forme de batonnet. *Bacillus popilliae* s'est avéré très efficace contre le

ver blanc. Ce microorganisme est le plus souvent utilisé contre le scarabée du Japon et produit ce qu'on appelle la "maladie laiteuse". Ce terme est utilisé à cause du développement de cellules bactériennes dans l'hémolymphe, entraînant un aspect d'un blanc laiteux. Un deuxième membre du genre Bacille est le *Bacillus thuringiensis*. Non seulement cette bactérie est sporogène mais produit également un cristal toxique. La nature toxique de ce cristal a déjà été expliquée plus haut. L'avantage de *B. thuringiensis* est qu'on peut le cultiver en milieu artificiel et le conserver pendant 2-3 ans dans des conditions adéquates. On dispose actuellement de deux préparations commerciales de *B. popilliae*. Les marques de ces préparations sont Doom et Japidemic. Elles sont vendues par les laboratoires Biologiques Fairfax - plusieurs préparations de *B. thuringiensis* sont également vendues dans le commerce. Deux marques communément utilisées sont Thuricide et Dipel. Elles proviennent des laboratoires Nutrilite Products Inc et Abbot. D'autres bactéries non sporogènes tuent des insectes mais n'ont pas la propriété de pénétrer les tissus hôtes et n'ont par conséquent pas été retenus pour faire partie de programmes de lutte biologique.

On a démontré que plus de 30 genres de champignons causent des maladies chez les insectes (Roberts et Yendal 1971). Aucun d'entre eux n'a cependant été produit dans le commerce. Plusieurs champignons ont montré leurs possibilités en tant qu'agents de lutte. Ils sont représentés à la Fig. 10. L'un des problèmes fondamentaux rencontrés pour l'utilisation des champignons dans la lutte contre les insectes sont les strictes conditions d'environnement requises. La plupart ne survivent que dans des conditions de très grande humidité, et ceci

limite malheureusement leur emploi. L'application la plus logique qu'on pourrait en faire serait peut-être sur des espèces vivant près de l'eau, comme les moustiques. En fait plusieurs membres du genre *Coelomomyxène* ont prouvé qu'ils pouvaient considérablement réduire les populations de moustiques.

La Fig. 11 est une liste de protozoaires qui paraissent les plus prometteurs en tant qu'agents de lutte. Il n'y a en ce moment aucun protozoaire dans le commerce mais des procédures d'officialisation de certaines espèces sont en cours.

Les associations insectes-nématodes sont très répandues et plusieurs rapports démontrent leur rôle important dans la régulation de populations d'insectes. La Fig. 12 présente quelques nématodes susceptibles d'être utilisés en lutte biologique. La production en masse des nématodes pathogènes a retardé leur emploi dans des programmes de lutte bien que des espèces *Neoplectana* aient été produites en milieu artificiel. Aucun nématode n'est actuellement disponible sur le marché et aucun n'a encore été officialisé en tant qu'agent de lutte contre les ravageurs spécifiques.

Une découverte intéressante montrant l'association de la bactérie *Achromobacter nematophilus* et du nématode *Neoplectana carpocapsae* a été faite par Poiner (1964). Le fait important est que le nématode introduit la bactérie dans l'hôte et tous deux, bactérie et nématode, agissent ensemble pour détruire l'hôte.

APPLICATION D'INSECTICIDES MICROBIENS

Les agents microbiens peuvent être appliqués sous forme de pulvérisations, poudres et appâts. Ils ont également été utilisés conjointement avec des insecticides chimiques, des chemostérilisants et des phéromones. L'équipement utilisé pour ces applications est le même que celui utilisé pour les insecticides chimiques. On espère toutefois disposer très bientôt d'un équipement spécialement étudié pour l'emploi de pathogènes. Celui-ci est nécessaire à cause de la formulation spéciale des insecticides microbiens. Les pathogènes étant insolubles ne se comportent pas comme les insecticides chimiques lorsqu'ils sont utilisés avec un équipement de pulvérisation conventionnel.

Comme les insecticides chimiques, les microbiens sont les plus efficaces lorsqu'ils sont appliqués sur des ravageurs très jeunes. Les insectes arrivés à des stades de métamorphoses plus avancés tendent à être plus difficiles à contrôler (voir Fig. 7).

De plus, l'ensoleillement direct étant nuisible à certains pathogènes, l'équipement de pulvérisation devrait être adapté de façon à obtenir une bonne couverture des endroits situés sous les feuilles. L'ombre donnée par la feuille prolongera ainsi l'activité du vecteur de maladie. Des additifs tels que des agents humidifiants et des protecteurs d'ultraviolets accroîtront également l'efficacité de l'application.

Le moment où se fait l'application est également important. Par exemple, les espèces nocturnes sont mieux contrôlées lorsque

les applications sont faites en fin d'après-midi ou en début de soirée. Un autre facteur à considérer est l'endroit où la plante est attaquée. Pour des espèces qui se fixent dans les tissus de la plante hôte telles que le ravageur des tiges de riz (esp. Chilo), l'insecte est vulnérable pendant une très courte période de temps. L'application de l'agent de lutte doit donc être effectuée à un moment précis pour intercepter le ravageur avant qu'il ne pénètre dans la tige du riz où il sera plus difficile à traiter.

FIG. 1: Liste partielle d'emplois officialisés des produits de

B. Thuringiensis

Cultures vivrières: Ravageurs (garder noms latins)

Cultures: alfalfa, artichauts, coton, haricots,

broccoli, choux, choux-fleurs, celeri,

choux frisés, concombres, laitues, pommes de terre,

melons, épinards, tabac, mais

Cultures fruitières: oranges, raisins

FIG 2: Spécificité relative de différents types de virus pathogènes d'insectes d'après résultats ou essais de transmissions croisées sur différents insectes

Type de virus	Nombre de transmissions croisées				
	Sur Ordre	différentes Famille	sur même Famille	Genre	Total
Granuloses					
Polyédroses nucléaires					
Polyédroses cytoplasmiques					
Virus à non inclusion					
Essais/résultats positifs					

FIG 3. L'activité des dépôts du virus de polyédrose nucléaire sur *Trichoplusia Ni*

Pourcentage d'activité originale
 Jours après application
 En milieu obscur
 En laboratoire de culture
 A l'extérieur

Fig. 4 Limites fiduciaires d'une courbe de probabilité

% de mortalité a une échelle de probabilité
 concentration

Fig. 5 DM 50 et pente des courbes dosage-mortalité de vecteurs de maladies d'insectes et d'insecticides

Agent vecteur	Insecte Hôte	Mode d'administration	DM 50	Pente
---------------	--------------	--------------------------	-------	-------

Oral
 Variable

a) la dose est exprimée en nombre de vecteurs de maladies ou en milligrammes d'insecticide

b) la pente est exprimée en changement de valeur de l'ordonnée de schémas répondant à une augmentation par 10 de la dose.

Fig. : capacité d'oviposition et viabilité des oeufs.

Trichoplusia Ni adultes infectés par *Nosema Trichoplusiae*

	Nombre d'oeufs pondus par femelle	pourcentage d'éclosion
--	--------------------------------------	---------------------------

Femelle non infectée X
 male non infecté

Femelle non infectée X
 male sévèrement infecté

Femelle severement infectée X
 male non infecté

Femelle severement infectée X
 male severement infecté

Fig. :Mortalité des larves du "looper" du chou après application dermique de spores de *Nomurea rileyi*

Stade de métamorphose - Dimension du groupe test - Mortalité due aux N r (%)

FIG 8: Mode d'action du sporogène cristallifère *Bacillus thuringiensis*
Taille de la spore: environ $1\mu \times 4\mu$

Cristal - spore

Larve de lépidoptère ingère le feuillage contaminé

Schéma s'un intestin de chenille

Le cristal ingéré se divise dans le mésogastre, causant une paralysie

Coupe du mésogastre après l'action de phospholipase

Le bacille germe dans l'hémolymphe de l'homocoel et peut libérer
l'exotoxine

Toxines: endotoxine - paralysie de l'intestin (endotoxine delta)

exotoxine alpha - libérée pendant le métabolisme

phospholipase C - détruit les phospholipides

exotoxine beta - tue la larve

exotoxine gamma - 2eme phospholipase

FIG 9: Mode d'action de la microsporidie (Protozoaire)
Taille de la spore: environ 5μ

Filament polaire - sporoplasme - paroi de la cellule

Generalisation du cycle de vie de la microsporidie

penetre le corps gras - schizon - schizogonie - sporogonie - spores -
ingestion - sporoplasme

Fig. 10: Champignons entomogènes utilisés en lutte microbienne

Espèce Remarques

Beauveria bassiana - champignon dont l'emploi est le plus répandu

Beauveria tenella - surtout utilisé contre *Melolontha* dans le sol

Metarrhizium anisopliae - champignon dont l'emploi est le plus répandu
après *beauveria bassiana*

Paecilomyces farinosus

Spicaria rileyi

Esp. entomophthora - durée de vie trop courte pour être utilisé en tant
qu'insecticide microbien; essais de colonisations effectués.

Coelomomyces stegomyiae

et *C. indiana* - inoculum insuffisant pour en faire un insecticide
microbien; essais de colonisations effectués.

Fig. 11 : Liste partielle de protozoaires susceptibles d'être utilisés en
lutte microbienne

Protozoaire - Insectes hôtes

Fig. 12: Liste partielle de nématodes susceptibles d'être utilisés en
lutte contre les ravageurs insectes.

Groupe de nématodes groupes ou espèces d'hôtes

FIG. 1. A PARTIAL LIST OF REGISTERED USES FOR B. THURINGIENSIS ¹⁴⁸ PRODUCTS

PEST	VEGETABLE AND FIELD CROPS	CROP
Alfalfa caterpillar Artichoke plume moth Bollworm Cabbage looper	<u>Colias eurytheme</u> <u>Platyptilia carduidactyla</u> <u>Heliothis zea</u> <u>Trichoplusia ni</u>	alfalfa artichokes cotton beans, broccoli, cabbage, cauliflower, celery, kale, cotton, collards, cucumbers, lettuce, potatoes, melons, spinach, potatoes, tobacco
Diamondback moth European corn borer Imported cabbageworm	<u>Plutella maculipennis</u> <u>Ostrinia nubilalis</u> <u>Pieris rapae</u>	cabbage sweet corn broccoli, collards, cauliflower, kale
Tobacco budworm Tobacco hornworm Tomato hornworm	<u>Heliothis virescens</u> <u>Manduca sexta</u> <u>M. quinquemaculata</u>	cabbage tobacco tobacco tomatoes
FRUIT CROPS		
Fruit tree leaf roller Orange dog Grape leaf folder	<u>Archips argyrospilus</u> <u>Papilio cresspantes</u> <u>Cosmia funeralis</u>	oranges oranges grapes

Adapted from Falcon 1975

Fig. 2. RELATIVE SPECIFICITY OF DIFFERENT TYPES OF INSECT PATHOGENIC VIRUSES BASED ON ATTEMPTED AND SUCCESSFUL CROSS-TRANSMISSION TO VARIOUS INSECT TAXA

Virus Type	Number of Cross Transmissions ^a				
	To Alien		To Same		
	Order	Family	Family	Genus	Total
Granuloses	0/0	38/1	3/2	4/4	56/6
Nuclear polyhedroses	9/3	137/30	43/26	21/21	187/60
Cytoplasmic polyhedroses	7/2	37/17	2/1	1/1	45/29
Noninclusion viruses	19/18	20/17	9/9	9/9	39/35

^a Attempted transmissions/successful transmissions

FIG. 3. THE ACTIVITY OF DEPOSITS OF THE NPV OF TRICHOPLUSTA¹⁵⁰ NI

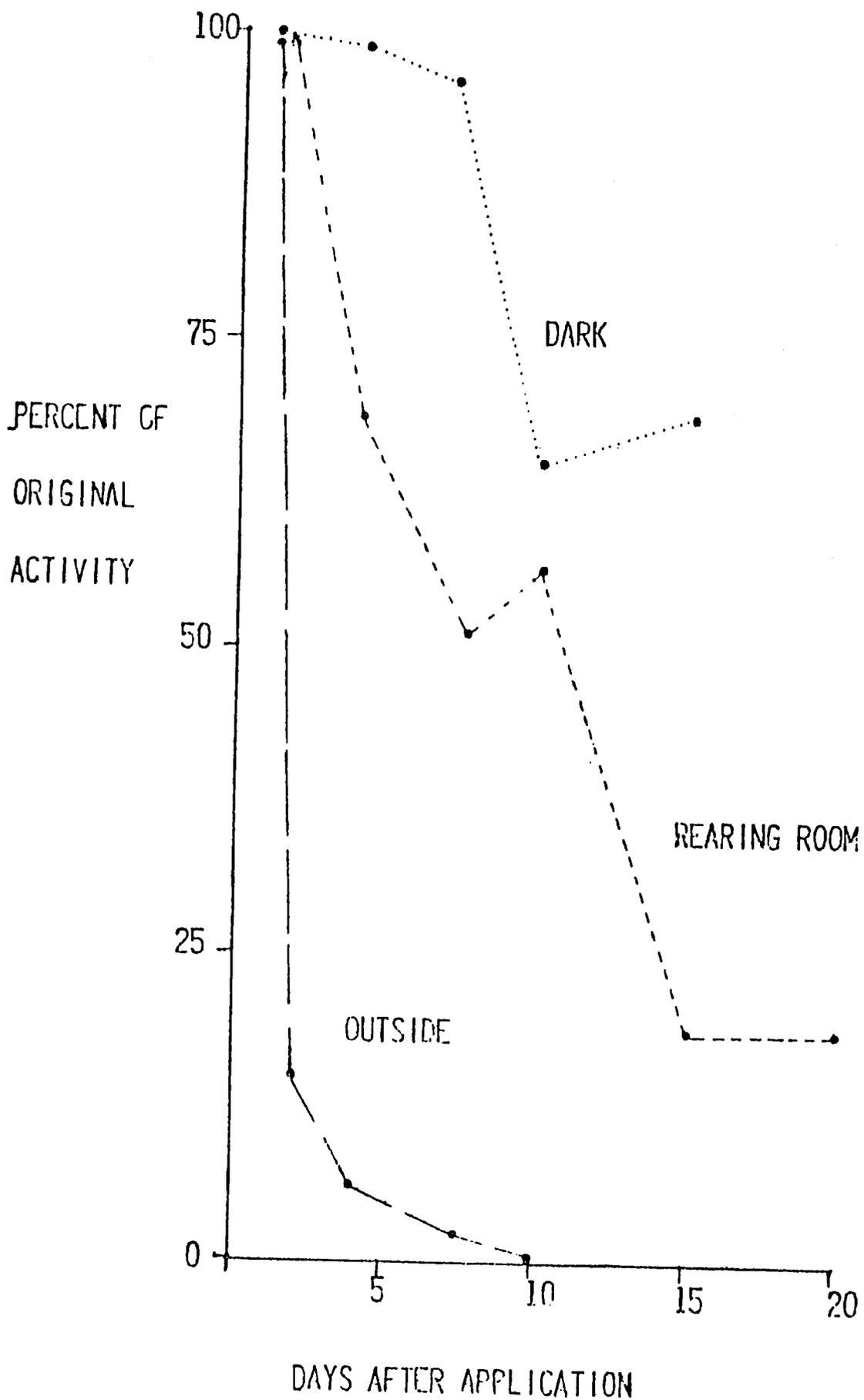
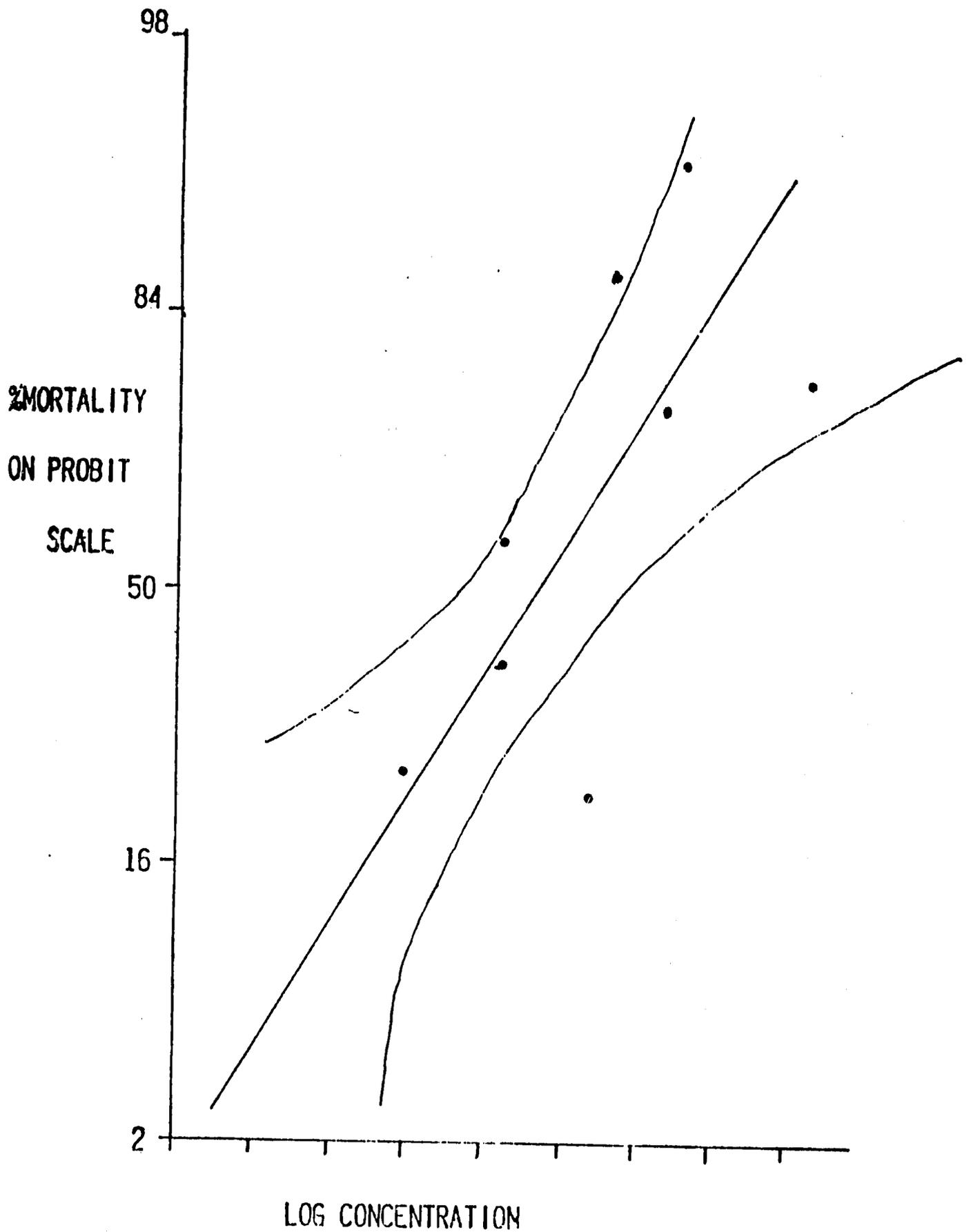


FIG. 4. THE FIDUCIAL LIMITS OF A PROBIT LINE



Adapted from Finney 1952

Fig. 5. THE LD₅₀ AND SLOPE OF DOSAGE-MORTALITY CURVES OF INSECT DISEASE AGENTS AND INSECTICIDES

Disease Agent	Host Insect	Method Administered	LD ₅₀ ^a	Slope ^b
<u>Nosema locustae</u>	<u>Melanoplus bivittatus</u>	Oral	9,000	0.81
<u>Pseudomonas aeruginosa</u>	<u>Melanoplus bivittatus</u>	Oral	19,000	0.83
Polyhedrosis virus	<u>Malacosoma disstria</u>	Oral	300,000	0.86
<u>Bacillus popilliae</u>	<u>Popillia japonica</u>	Oral	2,000,000	1.83
<u>Bacillus thuringiensis</u>	<u>Pieris rapae</u>	Oral	41,000	2.58
<u>Bacillus thuringiensis</u>	<u>Bombyx mori</u>	Oral	2,000,000	2.25
DDT	<u>Musca vicina</u>	Topical	6.2 X 10 ⁻³	5.5

^a Dose is expressed as number of disease agents or milligrams of insecticide

^b Slope is expressed as change in value of the ordinate in probits occurring in response to a 10X increase in dose

Adapted from Bucher 1958

FIG. 6. OVIPOSITIONAL CAPACITY AND VIABILITY OF EGGS.
NI ADULTS INFECTED WITH NOSEMA TRICHOPLUSIAE TRICHOPLUSIA

	Mean Number of Eggs Laid per. Female	Percent Hatch
Uninfected female X Uninfected male	1067	85
Uninfected female X heavily infected male	215.5	0
Heavily infected female X uninfected male	130	34
Heavily infected female X heavily infected male	265	0

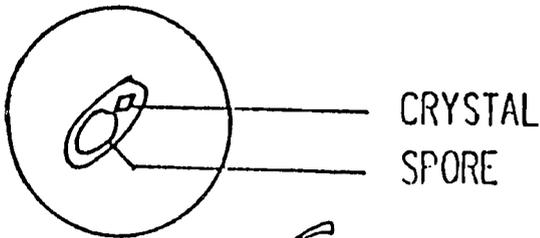
Adapted from Tanabe and Tamashiro 1967

FIG. 7. MORTALITY OF CABBAGE LOOPER LARVAE FROM A DERMAL APPLICATION OF NOMURAEA RILEYI SPORES (1×10^6 per ml)

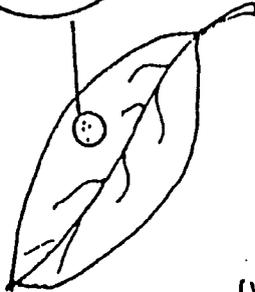
Larval Instar	Test Group Size	Mortality from <u>Nomuraea rileyi</u> (%)
First	45	58
Second	24	58
Third	23	13
Fourth	40	6
Fifth	24	0

Adapted from Getzin 1961.

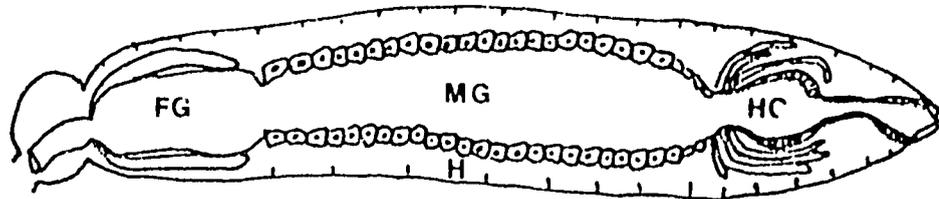
MODE OF ACTION OF BACILLUS THURINGIENSIS CRYSTALLIFERUS SPORE-FORMER ¹⁵⁵
 SPORE SIZE APPROX 1u X 4u



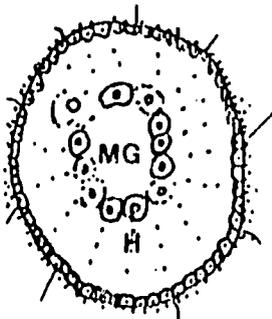
LEPIDOPTERA LARVAE INGESTS CONTAMINATED FOLIAGE



DIAGRAMATIC REPRESENTATION OF CATERPILLAR GUT



INGESTED CRYSTAL BREAKS DOWN IN MIDGUT (MG)
 CAUSING PARALYSIS (MIDGUT pH IS CRITICAL)



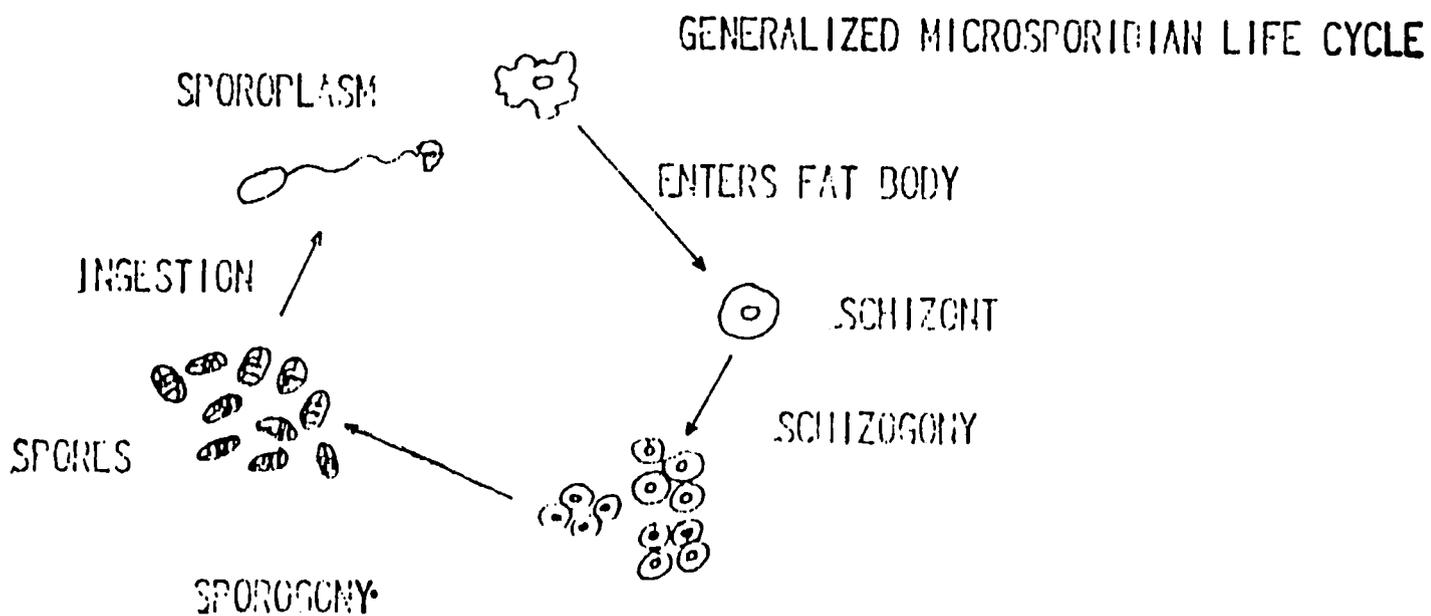
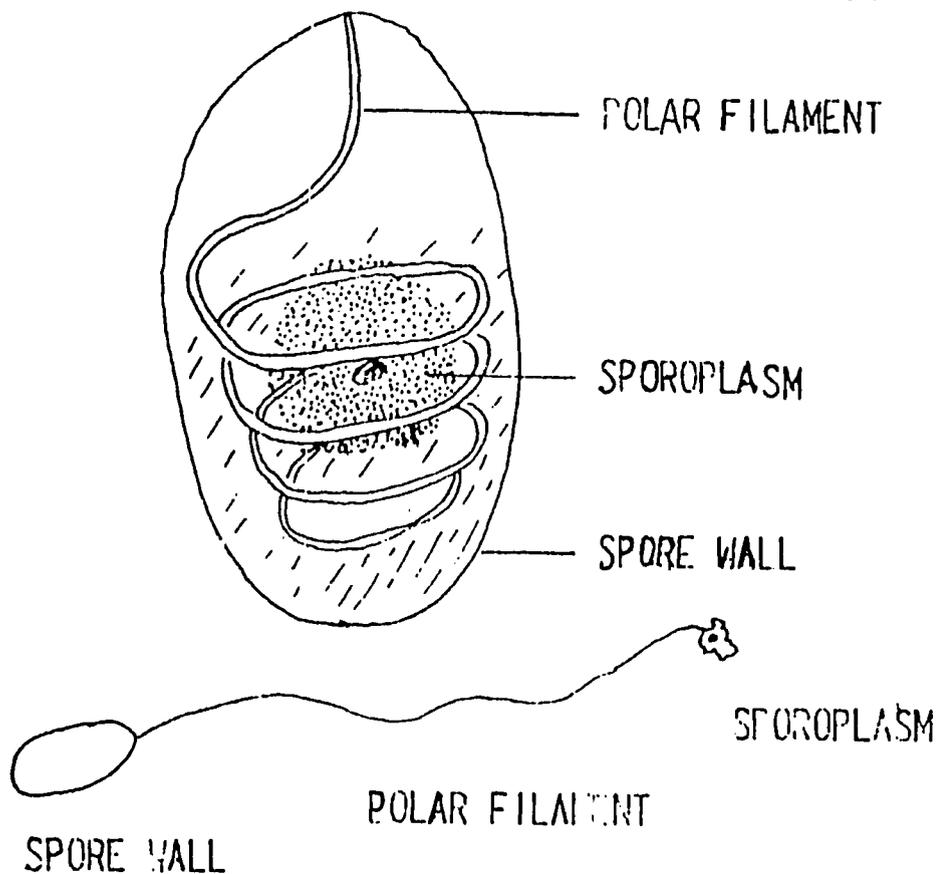
CXS OF MIDGUT AFTER PHOSPHOLIPASE ACTION

BACILLUS GERMINATE IN HEMOLYMPH OF HEMOCOEL (H) AND MAY RELEASE EXOTOXIN

TOXINS

- ENDOTOXIN - GUT PARALYSIS (delta-ENDOTOXIN)
- alpha-EXOTOXIN - RELEASED DURING METABOLISM
- PHOSPHOLIPASE C - DESTROYS PHOSPHOLIPIDS
- beta-EXOTOXIN - KILLS LARVAE
- gamma-EXOTOXIN - 2^oPHOSPHOLIPASE

FIG. 9. MODE OF ACTION OF MICROSPORIDIA SP. (PROTOZOA)
 SPORE SIZE APPROX 5μ



DIAGRAMMATIC REPRESENTATION OF NOCEMA SP.

FIG. 10. ENTOMOPHAGOUS FUNGI USED FOR MICROBIAL CONTROL

Species	Remarks
<u>Beauveria bassiana</u>	Most widely used fungus
<u>Beauveria tenella</u>	Mostly used against <u>Melolontha</u> in soil
<u>Metarrhizium anisopliae</u>	Second most widely used fungus
<u>Paecilomyces farinosus</u> <u>Spicaria rileyi</u> <u>Entomophthora</u> spp.	Conidia generally too short-lived for use as microbial insecticides; colonization has been attempted
<u>Coelomomyces stegomyiae</u> and <u>C. indiana</u>	Insufficient inoculum available for use as microbial insecticide; colonization has been attempted

Adapted from Roberts and Yencol 1975

FIG. II. A PARTIAL LIST OF PROTOZOAN CANDIDATES FOR USE IN
MICROBIAL CONTROL

Protozoan	Insect host(s)
<u>Adelina tribolii</u> , <u>Farinocystis tribolii</u> and others selected for pests in the total complex	Stored product pest complex
<u>Malamoeba locustae</u>	Suitable grasshopper species
<u>Thelohania hyphantriae</u>	<u>Hyphantria cunea</u> and associated susceptible species
<u>Nosema melolonthae</u>	<u>Melolontha melolontha</u>
<u>Glugea pyraustae</u>	<u>Ustrinia nubilalis</u>
<u>Glugea gasti</u>	<u>Anthonomus grandis</u>
<u>Mattesia povolnyi</u>	<u>Homeosoma nebulellum</u>
<u>Haplosporidium typographi</u>	<u>Ips typographus</u>
<u>Octosporea muscaedomesticae</u>	Muscoid flies
<u>Tetrahymena pyriformis</u> , and <u>T. stegomyiae</u> , possibly also <u>T. chironomi</u>	Aquatic insects, probably mosquitos, Chironomids

Adapted from McLaughlin 1975

FIG. 12. A PARTIAL LIST OF NEMATODE CANDIDATES FOR INSECT CONTROL

Nematode group or species	Host group or species
Aquatic Mermithidae (<u>Hydromermis</u> spp., <u>Isomermis</u> spp.)	Culicidae, Simuliidae and Chironomidae
Terrestrial Mermithidae (<u>Filipjevimermis</u> , <u>Hexameris</u> , <u>Agameris</u>)	Insects which live in or near the soil
<u>Neoaplectanidae</u> (<u>Neoaplectana carpocapsae</u>)	Insects with chewing mouth- parts living on the soil surface or on leaf surface under humid conditions.
<u>Heterotylenchus</u> spp.	Muscoid flies
<u>Deladenus</u> spp.	<u>Sirex</u> woodwasps
<u>Tripius sciarae</u>	Fungus gnats (Sciaridae)

Adapted from Poinar 1975

APPLICATION AERIENNE DE BACILLUS THURINGIENSIS

Mohamed E.M. Habib

Département de Zoologie
Université d'Etat de Campinas
Brésil.

INTRODUCTION

Les changements effectués par l'homme dans les agroécosystèmes peuvent être la cause de situations contradictoires. L'introduction en force d'une technologie de mono-culture dans beaucoup de pays en voie de développement sans direction, sans recherches préliminaires et à l'aide de matériel insuffisamment perfectionné, a abouti à un taux de productivité médiocre, et a engendré de nombreux problèmes sérieux, principalement dans le domaine de la lutte contre les insectes nuisibles. De nombreux pays, dont le Brésil, se doivent de trouver une nouvelle approche aux problèmes relatifs à cette lutte. La Lutte Intégrée (LI) est une approche écologique multidisciplinaire à même de fournir un système de lutte efficace qui se sert des facteurs écologiques régissant les populations d'insectes nuisibles au lieu de détruire ces facteurs bénéfiques.

Il y a eu au Brésil très peu de contact entre les chercheurs spécialisés en lutte contre les insectes et les agronomes. Ces derniers, influencés par l'industrie des pesticides chimiques, ont été amenés à croire que la lutte chimique contre les insectes nuisibles revenait moins cher et se pratiquait plus facilement que toute autre méthode. Cette opinion, ajoutée à l'absence d'équipes multidisciplinaires de spécialistes, a retardé la mise en oeuvre de programmes de recherches sur la lutte intégrée. Cependant, au cours des cinq dernières années, le Brésil a entamé un processus de recherche multidisciplinaire regroupant différents types de sciences agronomes telles que l'entomologie, la lutte biologique, la reproduction

et la physiologie des plantes et autres disciplines, afin de créer des programmes de recherche de lutte intégrée, principalement appliqués aux études sur le soja. Des recherches utilisant la lutte biologique sont également entreprises sur la canne à sucre, le coton, le blé, les pâtures et les grains stockés. Cette démarche agit maintenant comme un stimulant poussant différentes institutions et agences gouvernementales à un effort de collaboration. Notre participation à ces programmes de recherches se situe au niveau de l'utilisation du *Bacillus thuringiensis* (BT).

Le BT, bactérie productrice de spores est extrêmement pathogène à un nombre considérable d'insectes nuisibles de l'ordre des lépidoptères. De grandes quantités de ce pathogène sont produites commercialement et servent d'insecticide microbien. Cet entomopathogène peut être appliqué sous forme de pulvérisations, de poudre ou d'appâts, et est estimé tout à fait compatible avec les phéromones, les stérilisants chimiques et plusieurs autres insecticides chimiques. Les produits contenant du BT peuvent être appliqués avec un équipement semblable à celui utilisé pour les pesticides chimiques. Il y a cependant grand besoin d'améliorer méthodes et matériel afin d'arriver à une application uniforme du pathogène pour assurer une lutte efficace.

RECOMMANDATIONS GENERALES SUR L'APPLICATION AERIENNE DE B.T.

L'application de la technologie de mono-culture et par conséquent la nécessité de se protéger contre les insectes nuisibles coïncidant avec la disponibilité d'appareils aériens appropriés et de nombreux types de pesticides, ont encouragé l'adoption de l'application aérienne en tant que méthode efficace de protection des cultures. Cette méthode est couramment utilisée aux Etats-Unis et au Canada contre les insectes nuisibles aux cultures et aux forêts, et utilise des insecticides aussi bien chimiques que microbiens, y compris le B.T. Nous allons ici nous intéresser à quelques recommandations générales. De plus amples détails pourront cependant être trouvés dans AERIAL APPLICATIONS OF AGRICULTURE CHEMICALS (Agric. Handbook No. 287 USDA, 1977), Christofolletti (1979), Aval (1978) et Lourenço (1979).

Le pilote représente l'élément principal de la réussite de l'application du produit choisi. L'appareil doit être manoeuvré de façon réglementaire à tout moment. Le pilote doit avoir reçu une formation qui lui permette de déterminer la meilleure direction pour pulvériser une surface d'essai, de savoir quand et comment les conditions météorologiques influencent l'application, et de connaître ses propres limites dans l'appareil qu'il manie.

Afin d'obtenir une application uniforme, les trajectoires de vol doivent se faire perpendiculairement au sens du vent. Le pilote doit commencer le traitement au dessus de la zone située en aval du sens du vent. En opérant ainsi, il peut effectuer chaque largage successif sans traverser les produits en suspension dans l'air provenant des passages précédents. Le balisage du largage est également important pour obtenir une application intégrale. La méthode de balisage la plus commune consiste à poster des drapeaux à chaque extrémité du terrain.

La manoeuvre du virage est l'une des plus critiques au cours d'une application aérienne; lorsqu'elle est mal exécutée, elle risque de provoquer des accidents pour la plupart mortels. Il est extrêmement important de contrôler la vitesse de vol pendant l'application. Une fois le matériel de dispersion exactement ajusté, le pilote doit maintenir une vitesse constante pendant tout l'application pour en assurer l'uniformité.

L'altitude de vol recommandée au dessus des zones de culture est de un à deux mètres. Cette altitude doit être constante pendant toute l'opération pour obtenir une application uniforme sur la zone traitée. La largeur du largage est en principe égale à l'envergure de l'avion. Les pulvérisations sur forêts sont habituellement effectuées à une altitude égale à l'envergure de l'avion; dans ce cas, la largeur du largage est généralement égale à trois ou quatre fois l'envergure.

Il y a une importante distinction à faire entre le largage total et le largage effectif. Normalement, le premier représente la largeur totale du produit déposé en un seul largage, tandis que le deuxième représente la largeur de dépôt suffisante à assurer l'efficacité du produit. Le largage effectif représente plus ou moins la moitié du largage total, ce qui nécessite un certain chevauchement. Une bonne uniformité de dépôt peut être obtenue en décrivant régulièrement une figure en forme de triangle isocèle et en espacant les passages successifs de l'avion d'une distance égale à la largeur du largage total.

L'appareil de dispersion doit être ajusté avec beaucoup de précision. Un bon dosage est fonction de vitesse, d'espacement de largage et de taux d'écoulement. L'ajustage peut être effectué en chronométrant le taux d'écoulement d'une quantité déterminée du produit ou alors en mesurant la superficie que peut traiter une quantité donnée de produit. La taille des gouttelettes est importante et peut être modifiée. Dans le système à tuyauterie, par exemple, cela peut se faire en modifiant la direction de l'embout du tuyau par rapport au courant de l'air ou bien, en toute logique, en modifiant la dimension de l'embout de chaque tuyau. En dirigeant l'embout vers l'arrière, on obtient les gouttelettes les plus grosses; en avant et vers le bas, à 45° , on obtient les gouttelettes les plus petites; et en dirigeant l'embout vers le bas on obtient une taille intermédiaire. Evidemment en modifiant la pression de la pompe on modifie également la taille des gouttelettes: une augmentation de pression la réduit, une diminution de pression l'accroît.

RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES ET RESULTATS EXPERIMENTAUX

Au cours des trois-quatre dernières années, des essais d'application aérienne de BT ont été entrepris au Brésil pour lutter contre l'Anticarsia gemmatalis (Lepidoptera noctuidae) dans le soja. Le plus important a été effectué pendant la saison agricole 1979-1980. Au cours de cet essai deux formules

de Dipel (Laboratoire Abbott, Illinois, USA), une poudre soluble (PS) et une suspension émulsifiée (SE) ont été appliquées par méthode aérienne à Dourados, dans l'Etat du Mato Grosso do Sul, au Brésil (Voir Tableau I).

TABLEAU I: Traitement aériens à différents taux d'écoulement et différents dosages de deux formules de BT contre A. Gemmatalis

<u>Traitement</u>	<u>Taux d'écoulement</u>	<u>Dosage</u>	<u>Formule</u>
T1	10 litres/ha	4,8 x 10 ⁹ IU/ha	P.S.
T2	20 litres/ha	4,8 x 10 ⁹ IU/ha	P.S.
T3	10 litres/ha	8,0 x 10 ⁹ IU/ha	P.S.
T4	20 litres/ha	8,0 x 10 ⁹ IU/ha	P.S.
T5	5 litres/ha	4,8 x 10 ⁹ IU/ha	S.E.
T6	20 litres/ha	4,8 x 10 ⁹ IU/ha	S.E.
T7	5 litres/ha	8,0 x 10 ⁹ IU/ha	S.E.
T8	20 litres/ha	8,0 x 10 ⁹ IU/ha	S.E.

Essai de lutte I: Sans application de Pesticide.

Essai de lutte II: Superficie traitée de façon conventionnelle avec des pesticides chimiques.

L'appareil utilisé pour ces essais était un IPANEMA (fabriqué au Brésil) et muni d'appareils de dispersion Rotary Micronair (voir Tab. 2).

TABLEAU 2 : Caractéristiques spécifiques des appareils de dispersion Micronair au-3000 et du vol pendant l'application.

<u>Taux d'émission</u>	<u>URVI</u>	<u>Pression (PSI)</u>
5 litres/ha	9-7-79	30,5
10 litres/ha	13-11-11-13	25,0
20 litres/ha		

1. Unité de restriction variable

Vitesse: 115 miles/heure pendant tout le traitement.

Hauteur: 1,5 - 2,0 m pendant tout le traitement.

Une étude du dépôt recueilli sur cartes Kromekote a été reprise pour évaluer l'étendue de la pulvérisation au cours des traitements. Une teinture témoin spéciale (Rhodamine) a été ajoutée aux formules et les points teintés ont été mesurés, et leur nombre au centimètre carré compté pour obtenir les valeurs de densité des gouttes pour chaque carte. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 3.

TABLEAU 3 : Densité et taille des gouttelettes lors d'applications aériennes de BT effectuées à trois taux d'écoulement différents.

<u>Taux d'écoulement</u>	<u>Nombre de Gouttelettes au Cm²</u>			<u>Taille</u>
	\bar{X}	Mini-Maxi	\bar{X}	mini-maxi
5 l/ha	16,5	7-27	164	93-313
10 l/ha	31,0	13-44	217	106-326
20 l/ha	51,0	36-62	213	133-420

Des tests en laboratoire ont montré que la Rhodamine n'a eu d'effet particulier ni sur la viabilité du BT (tests de comptes de plaques de Nutrient Agar) ni sur sa pathogénicité (tests sur larves de *A. Gemmatalis*). Les deux formules ont été diluées dans l'eau immédiatement avant l'application. Pour ces tests, aucune addition de mélasse n'a été faite, bien qu'elle puisse servir d'anti-évaporant, d'écran solaire pour protéger les spores bactériennes de l'inactivation des ultra-violets, ainsi que de test accélérant la chute des gouttelettes pendant l'application.

Le système de dispersion a été ajusté avant l'application de façon à assurer un taux d'écoulement adéquat sous forme de gouttelettes variant de 100 à 200 microns de dimension. Un équipement météorologique a été installé pour mesurer la température (26⁰), l'humidité relative (65%) la force du vent (2-5 miles à l'heure) et sa direction (Nord-Est) pendant l'application.

La mortalité corrigée des larves d'*A. Gemmatalis* par application de BT est indiquée dans le Tableau 4.

Les résultats indiquent que les applications de PS à un taux d'écoulement de 20 l/ha et dosée à 8×10^0 IU/ha (T4) se sont révélées plus efficaces que les autres traitements. Cette dose correspond à 500 gr/ha du produit commercial.

TABLEAU 4 : Mortalité corrigée de larves d'A. Gemmatalis 48, 96, et 168 heures après application de BT.

Traitement	Pourcentage de Mortalité corrigée		
	48 h	96 h	168 h
T1	28,2	23,1	62,6
T2	51,6	34,9	53,3
T3	43,3	41,7	59,9
T4	58,7	68,1	73,3
T5	41,4	27,3	65,0
T6	44,9	33,5	51,0
T7	49,6	42,1	67,0
T8	-	-	17,5

Le BT a été appliquée sur des plants présentant une infestation moyenne de 25 larves par échantillon, calculée selon la méthode du "drop sheet shake" (qui consiste à secouer un plant/arbre au dessus d'un drap pour recueillir les insectes qui en tombent).

Les larves d'A. Gemmatalis ont cessé leur activité prédatrice 6 heures après l'application, et ont commencé à mourir au bout de 24 heures. L'agent huileux (SE) n'a affecté ni la viabilité ni la pathogénicité du B.T. Cependant, lors d'essais sur le terrain, cette formule n'a pas donné de dépôt uniforme et a résulté en une mortalité inférieure à celle obtenue par la formule de PS utilisant le même dosage.

Notre étude des ennemis naturels (parasites et prédateurs) dans les champs traités, avant l'application de BT, et après, de façon périodique, n'a révélé aucun effet causé par l'application aérienne de cet entomopathogène.

Qui plus est, la punaise des bois *Nezara viridula*, n'a pas atteint son niveau de nocivité économique à cause de la présence, du maintien et de l'efficacité de ses ennemis naturels. Par contre, dans les zones où ont été pratiqués les essais de lutte, la densité de population de *N. viridula* a été beaucoup plus forte et, en certains points, a atteint des niveaux de nocivité économique.

Enfin, notre évaluation de la productivité après les récoltes a confirmé le fait que le T4 a été substantiellement plus efficace que les autres: la productivité du T4 a été de 30% plus élevée que celle du traitement insecticide ordinaire (voir détails au tableau 5).

Les essais sur le terrain ont montré que l'*A. Gemmatalis* est vulnérable au BT fabriqué commercialement, que la pathogénicité n'est pas détruite par le type de formule ou l'agent employé et qu'il est possible d'appliquer un dépôt mortel à partir d'appareils aériens. De même, l'efficacité des applications aériennes pourrait être améliorée s'il était possible de prolonger la viabilité des spores en les protégeant contre les radiations des ultraviolets et de réduire la tendance à l'agglutination de la suspension.

TABLEAU 5 : Poids des grains obtenus de 100 plants et de 1000 grains de chaque traitement.

<u>Traitement</u>	<u>Poids (Grammes)</u>	
	<u>Grains de 100 plant</u>	<u>1000 grains</u>
T1	2.265,3 a	469,3 ef
T2	2.717,0	484,1
T3	2.928,5	470,7 cde
T4	3.509,1	493,7
T5	2.337,6	474,8 b
T6	3.017,0	478,7
T7	2.181,6	455,8
T8	2.803,2	467,3 f
Essai de lutte I	2.248,3 a	469,4 d
Essai de lutte	2.430,9	472,7 bc

NOTE: La même lettre désigne des éléments ne présentant pas de différences notables (Test de Turkey).

BIBLIOGRAPHIE

Les informations sur la productivité ont été recueillies en collaboration avec M.E. Amaral pour un projet de thèse sur le soja dans le cadre du Programme de Lutte Intégrée.

READING LIST

- AVAL , 1978 - Aviacao Agricola Lencois LTDA.
Sistemas de aplicacao , 18 pp.
- CHRISTOFOLETTI, J.C. 1979 - Aviacao Agricola: Determinacao da dosagem de aplicacao e voo de calibracao para equipamentos de pulverizacao. Botucatu, 24 pp.
- LOURENCO, I.P. 1979 - Aviacao Agricola: Guia para Aplicacoes Aereas. Rio Grande do Sul, 32 pp.
- MORRIS, O.N. 1973 - A method of visualizing and assessing deposits of aerially sprayed insect microbes. J. Invert. Pathol., 22: 115-121.
- MORRIS, O.N. and M.J. HILDEBRAND , 1974 - Evaluation of commercial preparations of Bacillus thurengensis with and without chitinase against spruce budworm. E. Assessment of effectiveness by aerial application, Algonquin Park, Ontario. Can. Dept. Environ. For. Serv. Inf. Rept. cc-X-59.
- MOTT, D.G.; T.A. ANGUS; A.M. HEIMPEL and R.A. FISHER, 1961 - Aerial spraying of Thuricide against the spruce budworm in New Brunswick. Can. Dept. For., Entomol. and Pathol. Br. , Bi-monthly Prog. Rept. 17 (3): 2.
- SMIRNOFF; W.A.; J.J. FETTES and W. HALIBURTON, 1962 - A virus disease of Swaine's jack-pine sawfly, Neodiprion swainei Midd., sprayed from an aircraft. Can. Ent., 94: 477-485
- SMIRNOFF, W.A.; J.J. FETTES and R. DeSAULNIERS, 1973 - Aerial spraying of a Bacillus Thurengensis - chitinase formulation for control of the spruce budworm (Lepidoptera, Tortricidae). Can. Ent. 105 (12): 1535 - 1544.

Productivity data were collected in collaboration with M.E. Amaral as part of a thesis project on soybeans within the major IPM program.

LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
POSSIBILITES POUR L'AFRIQUE DE L'OUEST

par

B. David PERKINS

Responsable National du Projet (USAID)
Projet Régional de la Protection des Végétaux

YAOUNDE (CAMEROUN)

INTRODUCTION

Ce document traite l'emploi direct des agents pour la repression des mauvaises herbes. L'utilisation des variétés résistantes - régulateurs de croissance, produits d'origine chimique ne sont pas pris comme lutte biologique suivant ce document. Généralement, un agent de lutte biologique consomme la plante ou une partie de la plante pour sa subsistance.

L'on pose souvent la question: "Pourquoi utiliser la lutte biologique? Les méthodes chimiques et mécaniques ne sont-elles pas plus efficaces dans le cas de certaines mauvaises herbes comme les graminées.?"

Toutefois, la lutte biologique offre généralement les avantages suivants:

1. DU BON MARCHÉ : Après une dépense relativement élevée, au commencement, sur la recherche et le développement, la lutte biologique est généralement auto-éternisant ou peut se renouveler à bon marché.

2. STABILITE : Une fois l'agent introduit, il se maintiendra fortement et attaquera longuement l'espèce de la mauvaise herbe.

3. EXPANSION : L'agent introduit attaquera longuement l'espèce de mauvaise herbe partout où elle se produit et même aux endroits où l'homme ne peut pas atteindre.

4. EFFICACITE : Dans certains cas, la lutte par produit chimique a été relativement inefficace soit par suite du mode de croissance de la mauvaise herbe ("alligator, Alternanthera phloxeroides (Griseb) ou par suite de l'expansion et de l'abondance de la mauvaise herbe sur les terrains relativement pauvres - les herbes comme les lantana, Lantana camara L. et les cactus, Opuntia megacantha solm - Dyck sur une étendue de terre. Les agents biologiques pourront maîtriser ces restrictions ou contraintes. Il y a tout de même certains désavantages possibles:

1. L'agent biologique ne pourra attaquer qu'une espèce de mauvaise herbe laissant les autres se développer.

2. Généralement, l'agent de lutte biologique ne détruira pas les mauvaises herbes.

3. Du temps considérable est mis à l'essai et à la décharge de de l'agent avant la libération.

4. Pour commencer, il n'y a pas d'assurance définitive du côté du programme de la lutte biologique que la mauvaise herbe sera réduite au plus bas niveau de perte économique.

5. Il est difficile de prédire l'existence des ennemis naturels de l'agent de lutte biologique introduit. Ils pourront infirmer les résultats de la lutte.

ó. Nous ne pouvons pas inventer l'agent de lutte biologique; il doit à présent exister dans le monde. C'est à nous de découvrir son existence et de tirer une preuve de sa force. En plus, toutes les mauvaises herbes n'ont pas un agent de lutte biologique adéquat pour la repression de la population.

THEORIE

Les programmes de lutte biologique les plus efficaces ont été dirigés contre les mauvaises herbes importées en utilisant soit les insectes ou d'autres ennemis importés du même lieu d'origine que les mauvaises herbes. Dans beaucoup des cas, la plante devient une mauvaise herbe dès qu'elle est épargnée de toutes pressions d'ennemis naturels dans son pays d'origine.

L'importation des ennemis sains et spécifiques pour combattre cette mauvaise herbe pourra partiellement restorer cette pression réduisant ainsi la population de la mauvaise herbe.

Tous les ennemis précédents d'une espèce de mauvaise herbe donnée ne peuvent pas être retenus pour l'importation puisqu'ils ne sont pas tous intacts. L'agent importé ne doit pas attaquer la culture; l'agent doit avoir un bout vraiment improductif dans son existence. C'est-à-dire, qu'il doit être limité soit à l'espèce ou au genre de la mauvaise herbe. Les insectes se sont montrés très utiles dans la lutte biologique puisque la plupart d'entre eux ont développé ce lien spécifique à leur lutte il y a de cela des centaines ou des milliers d'années écoulées. D'autres agents utilisés tels que les poissons ou les lamantins pourront vivre sur plusieurs espèces de plantes mais sont contraints par l'habitat.

Pour être efficace et affecter la survie de la mauvaise herbe, l'agent de lutte biologique doit la priver des matières, de l'énergie ou des substances nutritives suffisantes. Cela doit se présenter comme une simple action d'écimage. L'agent de lutte biologique travaille souvent par combinaison avec un pathogène ouvrant en effet la porte au pathogène pour fins d'entrer et de détruire la mauvaise herbe. La lutte biologique contre la jacinthe aquatique, Eichhornia crassipes (Mart.) Solm et du cactus, Opuntia spp. sert d'exemple à cet effet.

La population de mauvaise herbe sera généralement abondante au moment de l'agent de lutte biologique. L'on libérera obligatoirement l'agent biologique en petits nombres qui vont se multiplier eux-mêmes. Au fur et à mesure que l'agent biologique se multiplie jusqu'au point de la déléation des ressources de l'espèce de la mauvaise herbe hôte, la population de la mauvaise herbe diminuera. La population de l'agent biologique commencera quelque temps après aussi à diminuer puisque sa nourriture et son lieu de refuge, c'est-à-dire, la mauvaise herbe devient limitée. La diminution de la population d'agent de lutte biologique permet alors quelque soulagement en pression et au léger rétablissement dans la population de la mauvaise herbe suivie ensuite par un léger rétablissement dans la population d'agent de lutte biologique. Cet effet cyclique pourra continuer pendant une période de plusieurs années avec les populations de la mauvaise herbe et de l'agent de lutte biologique décroissant. Les programmes de lutte biologique pourront donc exiger de 5 à 20 ans pour mener l'abondance de la mauvaise herbe au plus bas niveau de perte économique. Dans certains cas, l'action biologique réciproque ou des contraintes naturelles sur l'agent biologique pourront être suffisantes pour empêcher ce cycle d'atteindre ce point bas et des luttes supplémentaires pourront être utilisées. L'idée de lutte intégrée a été largement acceptée indispensable dans plusieurs programmes de lutte contre les mauvaises herbes - telle que la lutte contre la mauvaise herbe dite " alligatorweed". Le but est de réduire l'abondance de la mauvaise herbe à un certain niveau économique plus bas. Il en serait tant mieux si la lutte biologique pourrait en faire seule. Si les luttes par produits chimiques ou mécaniques doivent être utilisées pour réduire davantage l'abondance de mauvaises herbes, une économie dans leur emploi est généralement obtenue à cause l'effet supplémentaire de l'agent de lutte biologique.

COURTE HISTOIRE

La lutte biologique contre les mauvaises herbes n'est pas nouvelle. Les fermiers d'Hawaï en pratiquaient eux-mêmes avant 1900 en affectant la teigne d'orthézia aux divers plants de la mauvaise herbe.- le lantana. Les entomologistes étudiant les résultats, déconseillèrent l'affectation des insectes exfoliés qui attaquaient aussi les plants avantageux tels que les caféiers. Ils s'en prirent eux-mêmes à importer et à utiliser les insectes beaucoup plus sains et efficaces. En 1902, huit espèces d'insectes furent importés de Mexico et établis sur le lantana et l'on commença à apprécier les résultats. Bien que le lantana soit toujours abondant à Hawaï et dans d'autres parties du monde, les insectes importés lui ont créé un impact . Aujourd'hui, plus de dix-huit espèces d'insectes importés ont été établis sur cette mauvaise herbe dans certaines parties du monde.

Les résultats les plus spectaculaires furent enregistrés en Australie en 1920 contre le cactus, Opuntia megacantha. Là, une phalène sud-américaine, Cactoblastis cactorum en même temps qu'une bactérie dévastèrent la mauvaise herbe libérant l'étendue de terre pour usage continu. Ce même insecte était utilisé plus tard contre le cactus à Hawaï avec les mêmes résultats spectaculaires. En 1950, les résultats de lutte étaient menés contre le "Klamath" Clidemia hirta L. (par D. Don) et une lutte spectaculaire en résultat encore. Etaient attaqués avec succès en utilisant les insectes en 1960, les Tribulus terrestris L., "alligatorweed", et seneçon, Senecio jacobaea L; L'année 1970 vit les résultats de lutte menés contre la jacinthe aquatique et le Chondrilla juncea L. et le dernier maîtrisé avec succès par la rouille des champignons, Puccinia chondrillinae. L'utilisation des vertébrés, tel que le poisson blanc Ctenopharyngodon idella devient plus répandu dans la lutte contre les mauvaises herbes aquatiques submergées.

LES POSSIBILITES POUR L'AFRIQUE OCCIDENTALE

Il ne sera pas du tout pratique pour les pays en train de développer leurs ressources et leurs potentielles économiques d'entreprendre un large programme d'exploration à l'extérieur y compris la recherche et le développement. Il serait plutôt préférable:

1. d'utiliser des animaux existant dans le pays qui pourront vivre sur les mauvaises herbes, tels que les boeufs ou les poissons;
2. d'importer les insectes ou d'autres agents qui sont déjà utilisés avec succès au champ dans d'autres pays;
3. d'importer les insectes qui sont déjà bien élevés par l'exploration et la recherche subventionnés soit par un autre pays ou une organisation, mais qui ne seraient pas encore libérés dans un nouveau pays pour la lutte contre une mauvaise herbe donnée.

LES MAUVAISES HERBES LES PLUS INDIQUEES EN AFRIQUE OCCIDENTALE

Les espèces de mauvaises herbes ouest-africaines suivantes pourront être des objectifs favorables de la lutte biologique. Ce tableau n'est pas complet et ne doit pas passer pour une recommandation à l'importation des ennemis naturels. C'est plutôt une indication de mauvaises herbes méritant d'efforts intensifiés dans l'amoncellement d'informations nécessaires qui pourront aboutir à l'importation d'ennemis naturels.

1. Striga hermonthica (par Del Benth et Striga gesneroides par Willd Vatke

Ces mauvaises herbes sont des parasites aux cultures. La première est un parasite du sorgho, du maïs et du mil et la dernière est celui du nièbé (haricot dolique). Parmi les insectes élevés par l'Institut du Commonwealth de Lutte Biologique Contre le Striga asiatica L. (par Ktze \$ en Inde, il y a la bruche, Smicronyx sp. et la chenille ou la phalène, Eulocastra argentisparsa. Les larves de la bruche se nourrissent des nodules des racines et la chenille des gousses des grains; jusqu'à 90 sont consommées par un seul insecte. Des essais montrent que les insectes pourront être intacts et potentiellement efficaces dans la lutte

contre le Striga. Des essais supplémentaires pourront être indispensables pour déterminer l'efficacité sur ces deux espèces de Striga en Afrique Occidentale.

2. Chromdaena odorata L. (par R.M. King et H. Robinson)

Cette mauvaise herbe couvre des parcelles en jachères donc plusieurs à être utilisées pour la culture. La dépense pour le défrichage de la terre soit par les méthodes chimiques ou mécaniques dépasse les moyens de la plupart des fermiers. Les insectes élevés par l'Institut du Commonwealth de Lutte Biologique pourront être utiles pour réduire l'abondance de cette mauvaise herbe. L'insecte Ammalo insulata de Trinidad est déjà mis à l'essai en Inde pour combattre cette mauvaise herbe.

3. Lantana camara L.

Le Lantana présente un exemple classique de lutte biologique. Il a été déjà attaqué dans certains pays d'Afrique employant la lutte biologique. Plus de dix-huit espèces d'insectes sont à présent disponibles et sont utilisés dans plusieurs pays du monde pour combattre cette mauvaise herbe. Ces insectes proviennent soit de Mexico en Amérique du Sud ou des Etats-Unis.

4. Fougère arborescente, Pteridium aquilium (par L. Kuhn).

Dans certaines régions montagneuses tel que le Nord-Ouest du Cameroun, cette mauvaise herbe couvre d'étendues de terre. Les agents qui attaquent les fougères pourront être probablement spécifiques et sans risques. L'exploration et le développement supplémentaires des agents de lutte biologique seront indispensables mais la possibilité de sécurité est très élevée.

5. Les mauvaises herbes aquatiques:

Bien que toute l'Afrique Occidentale n'est pas embêtée par les problèmes de mauvaises herbes aquatiques qui se produisent dans d'autres parties du monde, il y a des masses d'eau qui contiennent des espèces de Nymphea, Pistra et plusieurs mauvaises et plusieurs mauvaises herbes submergées en abondance. Les agents de lutte biologique y compris les insectes, les poissons et d'autres, ont été élevés qui pourront être utiles au cas où le problème s'accroît.

CONCLUSION

Un système de contrôle et des équilibres est nécessaire pour dégager un agent biologique à l'importation pour la lutte contre une mauvaise herbe. Des consultations avec les experts en entomologie, botanique, études de l'environnement et d'administration de la faune sont souvent indispensables. Une attention toute particulière doit être réservée à toute inquiétude ou objection présentée par un expert. Si l'objection est d'une nature très grave, elle pourra bloquer l'importation d'un

enemi naturel donné. De telle objection pourra se produire par suite de "conflit d'intérêt", c'est-à-dire, qu'une herbe peut être mauvaise à l'un et utile à l'autre. Prenons par exemple le cas du Melaleuca leucadendra L. : c'est un arbre australien agressif qui couvre plusieurs parties de l'Everglades en Floride aux Etats-Unis mais il constitue aussi une source importante de nectar pour le miel. Les apiculteurs de la Floride opposeraient probablement à la réduction totale des arbres Melaleuca.

Il est de la plus grande importance que les décisions sur l'accord ou le rejet d'un agent biologique soient faites sagement et judicieusement. Les administrateurs aux postes de responsabilité doivent considérer définitivement les risques possibles ou éventuels de l'importation d'un agent biologique; les rejets pourront apparaître si souvent dûs soit par l'ignorance des bénéfices de la lutte biologique ou à travers du rejet de lutte biologique pour une méthode ou pour d'autres méthodes. C'est le devoir de l'homme de science responsable de l'importation de voir que ses administrateurs soient en possession des informations indispensables leur permettant de formuler les décisions justes.

Généralement, un insecte étant importé pour la lutte biologique contre les mauvaises herbes est tout d'abord mis en quarantaine. Bien sûr, ce ne sont pas tous les pays qui sont équipés d'une chambre de quarantaine de lutte biologique en opération, mais l'aménagement d'une chambre existante de fonctionner comme une chambre de quarantaine n'est pas difficile et chère. En quarantaine; des essais de nutrition supplémentaires peuvent être assurés aux plants paraissant dans le nouveau pays et qui n'avaient pas été mis à l'essai auparavant. Si les essais supplémentaires ne sont pas considérés comme étant nécessaires, l'insecte pourra être importé pour être mis en quarantaine pour fins d'étudier et de produire une nouvelle génération s'assurant ainsi contre l'introduction d'un ennemi naturel inattendu. Les insectes adultes ne manquent pas souvent les parasites et leur libération doit être évitée pour assurer une population saine des espèces importées. La nouvelle génération pourra être obtenue au fur et à mesure que les adultes importés produisent les oeufs. Les oeufs peuvent être stérilisés superficiellement dans une solution chlorhydrique plus l'alcool avant la libération au champ.

Dès qu'une libération est effectuée, l'agent biologique et la population de la mauvaise herbe doivent être contrôlés avec soin pour évaluer l'effet sur la mauvaise herbe. Très souvent, l'agent est importé et laissé de produire n'importe quel effet de lutte qu'il peut avec peu ou sans contrôle; Les résultats des études au champ doivent être alors communiqués aux autres hommes de science ou organisations. Au moment de ou après la libération, les spécimens doivent être collectés, conservés et gardés d'une façon protégée comme dans une Collection Nationale ou Universitaire pour servir de preuve documentaire de l'espèce libérée.

La liste de contrôle montre les procédures générales suivies pour l'importation d'un agent de lutte biologique. La liste pourra paraître complètement compliquée et pourra être soit modifiée ou simplifiée suivant l'agent concerné; et les procédures normalement suivies par chaque pays.

EXEMPLE DE LA LISTE DE CONTROLE D'UN AGENT A IMPORTER

Nom de l'agent: _____

Provenance: _____ Classification: _____

Le Chercheur responsable: _____
(nom et organisation)Le Chercheur responsable ou laboratoire à l'étranger: _____
(nom et organisation, fonctionnaire responsable)Laboratoire de quarantaine du pays: _____
(lieu et fonctionnaire responsable)DATE DE COMMENCEMENT DES MESURES PROGRESSIVES :

1. Informer les autorités agricoles de votre intention d'étudier un agent à importer.
2. Réponse officielle concernant le "Conflit d'Intérêt" - position économique.
3. Obtenir l'identification de l'agent de lutte biologique à importer.
4. Etudes des documentations pour déterminer éventuellement ses plantes-hôtes.
5. Grouper les rapports sur la collection et la classification de l'espèce des documents, collection, consultations etc.
- 6 (a) Soumettre aux autorités:
 - (i) procédures d'essai programmées
 - (ii) liste des plantes pour l'essai
 - (iii) les personnels et leur compétence.
- (b) Soumettre les mêmes renseignements aux autorités des Provinces où existent les mauvaises herbes.
- 7 (a) Réponse officielle concernant:
 - (i) Les plants supplémentaires pour l'essai
 - (ii) autres considérations de sécurité si les essais doivent être faits à l'étranger où à domicile en quarantaine.
- (b) Réponse des autorités provinciales.
8. Soumettre si possible aux autorités une deuxième demande après l'essai à l'étranger.
9. Réponse officielle sollicitant:

- (i) l'essai supplémentaire
 - (ii) l'importation pour l'essai en quarantaine ou
 - (iii) la libération au champ
10. Soumettre les rapports aux autorités sur le point (9-i) ci-dessus après l'essai.
 11. Suivre si elles sont acceptées, les procédures d'importation ci-dessous:
 - (a) obtenir par écrit en cas d'approbation, les permis ou lettre d'autorisation des autorités de quarantaine de votre pays.
 - (b) le pays exportateur: reçoit les permis ou lettre d'autorisation - envoie la commande propre dans des containers appropriés frappés des étiquettes du permis ou documents joints et n'envoyer que sous conditions de quarantaine convenables.
 12. (a) Après l'essai à domicile dans la quarantaine, soumettre un rapport aux autorités sollicitant la libération au champ.
 - (b) Soumettre les rapports aux autorités provinciales intéressées.
 - (c) Tenir les autorités des pays voisins informées.
 13. (a) Réponse officielle sur l'accord ou le rejet d'importer un agent pour la libération au champ.
 - (b) Réponse des autorités provinciales;
 - (c) Réponses des autorités des pays voisins.
 14. Admission en quarantaine du premier envoi avant la libération au champ.
 15. Renvoi au laboratoire de libération autre que le laboratoire quarantaine.
 16. La libération au champ.
 17. Spécimens envoyés pour chaque collection.

DOCUMENTS SELECTIONNES

Les résultats des champignons et des bactéries sur la diminution des jacinthes aquatiques en Floride - Science sur les mauvaises herbes (par Cha-rudattan R., B.D. Perkins et R.C. Littel - 1977)

Lutte biologique contre les insectes parasitaires et les mauvaises herbes (publication De Bach)
(par Chapman et Hall, Londre)

Lutte et éradication de la figue d'Inde en Australie (publication Dodd A.P. 1936)
(par Bull, ento;ologiste responsable) 27 (3) : 503-57

Carte géographique sur les mauvaises herbes dans le monde (par Holm L., J. V. Pancho, J.P. Herberger et D.L. Plucknett - 1979, John Willey et Fils.

Les principes fondamentaux de lutte biologique contre les mauvaises herbes (par Huffaker C.B. - 1957 - Higiardia 27, 101-57.

Académie Nationale des Sciences - Comment rendre les mauvaises herbes aquatiques utiles - quelques perspectives pour les pays en voie de développement - Académie Nationale des Sciences - Washington D.C. 175 pp.

Possibilités de maîtriser la jacinthe aquatique par les agents biologiques (par Perkins B.D. - 1973)

Les arthropodes qui contraignent la jacinthe aquatique - Edition PANS 20 (3) (par Perkins B.D. - 1974)

L'intensification des effets de Reochetina eichhorniae sur la jacinthe aquatique - 4e Symposium International sur la lutte biologique contre les mauvaises herbes.

Les approches dans la lutte biologique contre les mauvaises herbes aquatiques (par Perkins B.D. - 1978) 5e Symposium International sur les mauvaises herbes aquatiques - 1978)

Les dynamiques biographiques des communautés des plantes-hôtes des insectes (par Ann. Rev, entomologiste - 24: 89-119)

Les principes de la lutte biologique (par Sweetman L.L. 1958 - Wins C. Brown, Dubuque, Iowa)

Lutte biologique contre les parasites et les mauvaises herbes - Publication de Science Journal - 4 (12) : 31-7 (par Waterhouse D.F. et F. Wilson - 1968)

Lutte contre les parasites (par Woods A. 1975 - publication Halsted Press New-York).

Détermination des spécificités hôtes des insectes pour la lutte biologique contre les mauvaises herbes (par Zwolfer H. et F. Harris - 1977 - Ann. Rev. Entomologiste 16: 159-78).

L'importance des Nosema Locustae dans
la lutte contre les sauterelles

J.E. Henry
Laboratoire d'Entomologie des Grands Paturages
Recherche Agronome
Ministère de l'Agriculture des Etats Unis

INTRODUCTION

La sauterelle est l'insecte invertébré le plus nuisible aux grands paturages de l'Ouest des Etats-Unis. On peut à présent lutter contre les infestations économiques par l'application aérienne d'insecticides chimiques. En dehors du fait que le prix de ces produits et des applications augmentent constamment, les produits chimiques ont été critiqués à cause de leur éventuel danger pour l'environnement et des effets particulièrement nuisibles qu'ils ont sur les antagonistes naturels existants des sauterelles. Ces problèmes ont encouragé le développement de stratégies de lutte, telles que l'utilisation des *Nosema locustae* (NL) comme un moyen évitant de dépendre totalement des produits chimiques.

Comme la plupart des insectes, les sauterelles sont associées à de nombreux micro-organismes qui pourraient être utiles pour les combattre. Les micro-organismes comprennent les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires. Bien que les bactéries et les champignons causent parfois de spectaculaires épizootiques qui détruisent les invasions de sauterelles, le fait qu'ils exigent une température particulière et une humidité élevée limite leur emploi dans les régions semi-arides où les sauterelles s'avèrent les plus destructrices. Les protozoaires et les virus ont reçu plus d'attention car ils sont moins susceptibles d'être influencés par des conditions climatiques.

Bien qu'un certain nombre de virus et de protozoaires pathogènes aient été isolés des sauterelles, les contraintes financières et physiques imposées à notre effort de recherche, comme à tout effort de recherche, empêchent le développement simultané de ces organismes.

II CRITERES DE L'INTERÊT PORTÉ A N.L.

Les critères qui ont servi de base à l'attention portée aux N.L. en tant qu'agents de contrôle des sauterelles comprennent: (a) la virulence, (b) la variété d'hôtes, (c) le potentiel de production en masse et de stockage prolongé, (d) l'adaptabilité aux techniques d'application peu coûteuses, (e) une bonne persistance dans l'habitat de l'hôte, et (f) la possibilité d'officialiser son utilisation en tant que pesticide.

A. VIRULENCE

Les sauterelles en faibles densités peuvent habituellement être tolérées. L'approche idéale de lutte contre les sauterelles serait alors l'application de micro-organismes pathogènes lorsque les densités d'une population en expansion sont faibles, de façon à prévenir ou réduire l'étendue des invasions. Cependant cette approche est irréalisable car les propriétaires terriens et les métayers ne veulent pas investir leur argent dans la prévention de ravages causés par les sauterelles. Ils savent que les densités peuvent varier considérablement d'une saison ou d'une génération à l'autre et qu'un contrôle n'est pas forcément nécessaire. C'est pourquoi on préférera appliquer un agent de lutte microbien au moment où se produit l'invasion, agent qui devra produire un effet de lutte à court terme assez important pour réduire les densités au niveau ou au dessous des

seuils économiques.

N.L. est un insecte intracellulaire qui infecte le corps gras des sauterelles et entre littéralement en compétition avec l'hôte pour s'approprier les réserves d'énergie. C'est l'un des pathogènes les moins virulents des sauterelles. La LD50 24 jours après inoculation de nymphes de 3ème instar de *Melanoplus sanguinipes* est d'environ 5×10^5 spores (Mussnug, 1950). Henry et Oma (1974b) ont montré que N.L. était moins virulent que *N. acrifophages* et *N. cuneatum* qui ont aussi été isolés de la sauterelle. Des études sur le terrain ont démontré que des applications de 2.47 milliards de spores de N.L. sur 1.86 kg de son de blé par ha entraîne une réduction d'environ 50% des densités de sauterelles dans les 4 semaines qui suivent l'application (Henry 1971; Henry et éq. 1973; Henry et Oma 1974a). Cette réduction initiale doit normalement suffire à réduire les densités de sauterelles au niveau ou au dessous du seuil économique.

B. VARIETE D'HÔTES

Sur les 30 à 50 espèces de sauterelles qui peuvent être présentes lors d'une invasion, seules 5 d'entre elles prédominent et sont considérées d'importance économique. Ces espèces prédominantes et d'importance économique peuvent appartenir à plusieurs sous-familles de sauterelles, et le micro-organisme devrait donc être capable d'infecter la plupart sinon la totalité des espèces. Cependant, il est important que l'hôte soit limité aux sauterelles et à ses proches parents, non seulement dans un but de sécurité pour l'environnement, mais également pour ne pas provoquer l'infection d'autres ennemis naturels.

A la suite de sa description des N.L. dans *Locustra migratoria migratorioides* en Angleterre, Canning (1953, 1962) a élargi l'éventail des hôtes en y incluant *Schistocerca gregaria* et cinq espèces de sauterelles d'Amérique du Nord, dont les espèces d'importance économique *M. sanguinipes*, *M. bivittatus* et *Camnilla pellucida*. Henry (1969) a élargi l'éventail en y incluant 58 espèces de sauterelles, un criquet et une locuste pygmée. La liste des sauterelles comprend maintenant des espèces qui appartiennent aux principales sous-familles, toutes d'importance économique, et le criquet mormon, *Anabrus simplex*, qui s'avère d'importance économique de temps à autre dans l'ouest des Etats-Unis. Il apparaît que la plupart des espèces de sauterelles et quelques espèces de criquets sont susceptibles d'être infectées par N.L.

C. PRODUCTION EN MASSE ET STOCKAGE PROLONGÉ

Les invasions de sauterelles se produisent fréquemment sur de vastes étendues et les agents de lutte doivent être appliqués sur toute la région touchée pour être efficaces. De grandes quantités de microbiens doivent être produites et pour rentabiliser les locaux et le personnel, la production doit être continue et les spores doivent être stockés jusqu'à ce qu'on en ait besoin. Ceci exige du micro-organisme une capacité à supporter une période de stockage qui ne menace pas sa viabilité.

La relative facilité de production en masse de N.L. fut une des raisons principales pour lesquelles il a été choisi comme insecte microbien. Les améliorations successives apportées aux techniques de production ont régulièrement accru le nombre de spores obtenus de chaque sauterelle. Dans le système de production actuel, des

M. bivittatus à peine éclos sont élevés par groupes de 200 à 300 jusqu'à la première mue, puis transférés dans des cages grillagées. On les nourrit de salade, de semis de seigle et de son de blé. Les nymphes de 5ème instar sont nourries de salade vaporisée de spores (environ 10^6 spores pour 300 nymphes) pendant deux jours consécutifs puis à nouveau le 4ème jour. Ceci provoque 99% d'infection. Si les colonies subissent une infection de l'amibe *Malameba locustae*, on peut leur donner tous les jours un antibiotique sans entraver la production de N.L. (Henry et Oma 1975). De 14 à 20 jours après l'inoculation, les sauterelles sont dispersées en groupes de 2 à 3 adultes pour réduire le cannibalisme. On les nourrit habituellement de salade fraîche et de son de blé à intervalles de trois jours. Ces sauterelles sont tuées par congélation 32 jours après l'inoculation et les cadavres sont stockés à -10°C . Le traitement consiste à les décongeler, à les broyer dans une meule, puis à les placer en suspension dans de l'eau distillée; les suspensions sont agitées pour libérer les spores, puis passées 3 ou 4 fois dans une mousseline et un tamis pour ôter les gros fragments de tissus. Les spores sont concentrées et lavées par centrifugation différentielle puis stockées dans de l'eau distillée à -10°C .

Au cours d'un essai de production, des cages contenant au départ environ 200 nymphes de 2ème instar de *M. Bivittatus* ont produit 300 à 500 adultes infectés. La plupart de la mortalité a eu lieu après le placement des nymphes de 2ème instar dans les cages et après l'inoculation. Les spores se sont mieux multipliées dans les adultes,

et les femelles en ont contenu plus que les males. La moyenne fut de 3.90×10^9 spores par sauterelle. Au taux d'application standard de 2.47×10^9 spores par ha, la production moyenne par sauterelle fut d'environ 1.6 ha. L'amélioration de la technologie d'élevage pourrait accroître substantiellement la production de spores par adulte, car quelques femelles fortement infectées ont contenu jusqu'à 2×10^{10} spores.

Des études ont établi que les spores stockées dans de l'eau distillée à -10°C pendant trois ans ou sous forme de cadavres secs à -10°C pendant un an n'étaient que 10% et 1% respectivement aussi efficaces au cours d'essais sur le terrain que des spores fraîches (Henry et Oma 1974a). Ces études soulignent la nécessité de développer des procédés de stockage efficaces.

Vavra et Maddor (1976) ont recommandé le stockage dans de l'azote liquide des microsporidiens qui peuvent supporter la congélation, ce qui englobe la plupart des espèces provenant d'hôtes terrestres. Ils stockèrent trois de ces espèces pendant 7 ans et n'eurent que 2 à 3 % de pertes en viabilité. Ce procédé est actuellement testé sur les N.L.

D. ADAPTABILITE AUX TECHNIQUES D'APPLICATION EFFICACES ET PEU ONEREUSES

A l'encontre des régions d'agriculture intense où les revenus bruts à l'hectare se chiffrent par centaines de dollars par an, ce qui permet une lutte importante contre les insectes, le revenu brut moyen des grands paturages aux Etats-Unis est inférieur à 12 dollars

par an. C'est pour cette raison que les métayers hésitent à combattre les sauterelles, même avec une aide financière du gouvernement ou des autorités fédérales. L'efficacité est accrue et le coût à l'hectare réduit lorsqu'on traite/de vastes zones qui peuvent couvrir une longueur de 32 à 80 km et impliquer des largages de 150 à 600 m de large, à l'aide de gros appareils. Le pathogène doit être utilisé en préparations fortement concentrées qui permettent des poids utiles opérationnellement efficaces.

Comme pour la plupart des agents microbiens, le stade infectieux de N.L. (la spore) doit être ingéré par la sauterelle. C'est pourquoi on formule les spores avec du son de blé qui est ensuite appliqué au moyen d'un équipement aérien ou terrestre. Il existe quelques inconvénients à utiliser un porteur tel que le son de blé dans l'application de N.L., particulièrement en comparaison avec une application possible sous forme de pulvérisations à volume ultra faible,

Ces inconvénients comprennent la dépense qu'entraîne la formulation avec le son, les frais supplémentaires de manipulation d'une matière aussi volumineuse, et, pour les avions, la réduction du poids utile à cause d'un volume plus important.

Cependant, ces inconvénients sont plus que compensés par les avantages. Par exemple, il n'est pas nécessaire d'obtenir une uniformité totale dans l'application de N.L. sur le son de blé, comme c'est le cas pour la plupart des insecticides utilisés pour une lutte efficace. Le traitement des zones manquées n'est pas non plus nécessaire. De même, les applications d'insecticides chimiques

ne peuvent se faire que très tôt le matin quand la température est telle qu'elle ne produit pas de thermaux. Les thermaux sont des courants d'air chaud qui entraînent la perte des gouttelettes en les séchant et les déportant. Normalement, cela limite un gros appareil à un largage par jour propice pour les applications d'insecticides dans l'ouest des Etats-Unis. Par contre le son de blé et les spores peuvent être appliqués pendant toute la journée à hautes températures et avec des vents qui empêcheraient normalement des applications par pulvérisations. Cette meilleure utilisation des appareils et des équipages réduit les frais d'application. De même, des études ont prouvé que le nombre de spores utilisé dans les applications de son doit être multiplié par 10 pour des pulvérisations à volume ultra faible (dans l'eau) pour obtenir un résultat équivalent (Henry et éq., 1978). L'application des spores en pulvérisation à VUF multiplierait par 10 le coût de production à l'hectare, ce qui est supérieur aux frais supplémentaires causés par l'utilisation du son de blé comme porteur.

E. PERSISTANCE APPROPRIEE DANS L'ENVIRONNEMENT DE L'HOTE.

La persistance d'un microbe dans l'environnement d'un hôte présente deux aspects: Le 1er concerne la persistance à court terme immédiatement après l'application lorsque la spore nue est exposée à des facteurs physiques nocifs, dont le plus grave est la radiation solaire. Les spores microsporidiennes sont généralement inactivées au bout de quelques heures d'exposition continue à la radiation solaire (Brooks, 1979). N.L. réagit évidemment de la même façon. Toutefois, pendant l'application de N.L. la plupart du son est

consommé par les sauterelles en deux heures de temps. De même, étant donné que les flocons de son ont une forme aplatie, il est probable qu'une moitié des spores est protégée du soleil.

De plus, les résultats des applications sur le terrain ayant toujours donné des quantités mesurables de réduction de densités et d'infections, la persistance à court terme n'est pas un gros problème.

Le deuxième aspect de la persistance concerne le potentiel de lutte à long terme. Comme N.L. ne réduit les densités d'hôtes que de 50 à 75% pendant la saison où il est appliqué, il doit persister assez longtemps pour combattre les sauterelles des générations suivantes. Henry et Onsager (1981) ont démontré que N.L. persiste et continue à réduire les densités d'hôtes au moins jusqu'à une saison qui suit la saison de l'application. Ewen et Mukerji (1980) ont également démontré des réductions de taux de reproduction des sauterelles et une persistance jusqu'à la saison suivante au Canada. De plus dans une zone enzootique naturelle des Etats-Unis, N.L. a persisté, en quantités très importantes, pendant cinq saisons et jusqu'à ce que les densités de l'hôte déclinent jusqu'au niveau qui ne supporte plus la transmission de l'organisme (Henry, 1972). Il semble raisonnable d'estimer que l'initiation d'épizootiques artificielles aura les mêmes résultats.

F. POTENTIEL D'OFFICIALISATION EN TANT QU'INSECTICIDE MICROBIEN

Tout comme l'utilisation des insecticides chimiques doit être

officiellement autorisée, l'utilisation appliquée d'agents microbiens sera également autorisée. Aux Etats Unis cette autorisation est délivrée par l'Agence pour la Protection de l'Environnement. Cette agence établit les critères de sécurité, d'efficacité, de résidus permis, etc., pour tous les agents microbiens. Un pathogène doit donc posséder les caractéristiques qui satisferont ces critères pour que son usage soit autorisé.

Un certain nombre de tests de sécurité ont été effectués avec N.L. sur des vertébrés; par exemple: inhalations aigues chez le rat, toxicité dermique chez le Cochon d'Inde, irritation de l'épiderme chez le lapin, alimentation des rats, et traitements de LC50 chez la truite bleue et le poisson-lune (Henry et Oma, 1980). N.L. ne s'est pas reproduit ni accumulé dans les tissus de ces animaux démontrant ainsi le peu de risques qu'il pourrait provoquer pour les animaux à sang chaud. Des abeilles sont également immunisées contre le N.L. (Menepace et éq. 1978). Cependant on ne possède pas d'informations sur l'effet que pourrait avoir le N.L. sur les parasites ou les prédateurs des sauterelles.

L'efficacité des insecticides chimiques et de la plupart des insecticides microbiens se mesure aux taux de mortalité résultant ou aux réductions de densité au sein de la population de l'espèce visée. Cette méthode d'évaluation ne convient pas aux N.L. parce que (a) l'objectif recherché est un contrôle des densités à long terme et non à court terme, (b) N.L. se développe lentement et la mortalité qui s'ensuit ne se produit que sur une longue période de temps, et (c) les sauterelles sont inégalement réparties et sont

capables de se déplacer en masse sur de longues distances, ce qui accroît la difficulté de mesurer les réductions de densités qui se produisent sur une période prolongée. Faire reposer l'efficacité sur l'infection de certaines espèces telles que les espèces de sauterelles prédominantes et d'importance économique apparaît comme une méthode sûre et valable. De la même façon, les techniques de tests biologiques basées sur la mortalité et l'infection semblent à la fois sûres et assez précises pour détecter des changements dans la viabilité des spores.

Suite à ces informations, appuyées par une série de publications du Laboratoire d'Entomologie des Grands Paturages, comme d'autres laboratoires, l'Agence pour la Protection de l'Environnement a récemment accordé une autorisation sous condition pour l'utilisation d'un pesticide commercial contenant des spores de N.L. pour combattre les insectes des paturages (Registre Fédéral 45 (94:31312-3)). Plusieurs autres autorisations sont en cours d'obtention.

III. L'INTEGRATION DE N.L. AUX INSECTICIDES CHIMIQUES

Comme déjà mentionné, le N.L. a été choisi comme agent de lutte à long terme afin de prévenir ou de réduire les invasions de sauterelles. Cependant, les métayers savent que les densités de sauterelles varient selon les saisons et ils n'entreprennent des actions de lutte que lorsque les densités menacent sérieusement la végétation existante. N.L. ne fournit pas l'effet de lutte rapide capable de prévenir les pertes de fourrage pendant les invasions.

Reprenant certaines idées émises sur l'intégration N.L. aux insecticides chimiques ou à des agents microbiens plus virulents (Henry, 1970), de récents essais ont prouvé que N.L. est compatible avec de faibles concentrations de malathion (Mussnug et Henry, 1979), de carbaryl, de diméthoate et de carbofuran (Mussnug, 1980).

Une série d'essais a été effectuée au cours de laquelle le son de blé formulé avec N.L. (à 1.25×10^9 spores par kg de son) a été mélangé à une formule de son plus carbaryl (à 20 gm par kg de son) pour une application simultanée. Le but de cette approche intégrée est d'obtenir un contrôle à court terme valable, qui réduira les densités de sauterelles à des niveaux tolérables tout en établissant N.L. à des niveaux nécessaires à un contrôle à long terme.

Dans un de ces essais, d'importantes surfaces de pâturages ont été traitées par application aérienne de formule de son de blé et N.L. mélangée à 2% de carbaryl. Les traitements utilisèrent N.L., le carbaryl et des mixtures à 2:1 et 1:2 appliquées chacune à un total d'environ 1.86 kg de son de blé par ha. 48 heures après l'application, la lutte menée par le carbaryl était d'une moyenne de 66, 59, et 42% pour les trois doses respectivement. Une prévision mathématique qui ne tenait compte que de 73% de vulnérabilité à l'appât avait prévu un effet de lutte qui approcha de 2% les résultats réellement obtenus - indiquant ainsi que ces formules mélangées peuvent être modifiées selon les variations de densités des sauterelles et les besoins de lutte.

L'efficacité du son de blé fut estimée à 16%, soit environ 6 flocons par sauterelle morte. La prévision souligna que les traitements seraient plus économiques lorsque l'efficacité des flocons individuels serait accrue (grâce à une meilleure technologie de formulation), ce qui entraînerait une diminution du taux d'application (Onsager et éq. 1981a).

Les résultats de cet essai ont été très encourageants en ce qui concerne la mise en place de programmes de lutte contre les sauterelles utilisant des mixtures de N.L. et d'insecticides chimiques. Plus spécifiquement, certaines espèces de sauterelles qui réagissent rapidement à l'inoculation se sont avérées moins vulnérables à la formule carbaryl-son de blé que certaines espèces qui réagissent moins rapidement et sont par là immédiatement sacrificiables du point de vue de la suppression de population à long terme (Onsager et éq., 1980). Les résultats ont également prouvé que la longévité des sauterelles qui avaient survécu aux traitements de carbaryl était substantiellement plus courte que celle des sauterelles se trouvant dans des zones non traitées, et en densités équivalentes. Il semble que cette réduction de longévité soit associée à une augmentation du rapport prédateur:proie causée par l'élimination sélective des sauterelles. Le traitement utilisant uniquement N.L. a également réduit la longévité des sauterelles, pendant la saison de l'application ainsi que pendant la saison suivante, mais aucun effet n'a été constaté sur la longévité des sauterelles à la suite des traitements mélangés (Onsager et éq., 1981b). Bien que ces résultats confirment de manière générale les espoirs de l'approche intégrée, il sera nécessaire de faire des expériences plus

approfondies pour déterminer de façon plus précise les rapports de la formule mélangée qui pourront produire un effet global maximum.

IV CONCLUSION

Les recherches sur N.L. se poursuivent pour démontrer son potentiel d'utilisation dans la lutte contre les sauterelles, et plus particulièrement en association avec certains insecticides chimiques qui fourniront un certain effet de lutte à court terme. L'un des aspects très encourageants de cette approche est la préservation des antagonistes naturels existants, tels que parasites et prédateurs qui complètent l'action des agents de lutte appliquée. Dans l'ensemble cette approche intégrée apparaît comme une alternative extrêmement valable au fait que nous dépendons aujourd'hui totalement des insecticides,

La plupart des recherches sur N.L. ont été faites dans le cadre de problèmes occasionnés par les sauterelles aux Etats-Unis. Des études conjointes avec l'Argentine fournissent des résultats selon lesquels N.L. seul et intégré aux produits chimiques, sera efficace dans la lutte contre les sauterelles dans ce pays. On peut s'attendre à des résultats similaires dans d'autres parties du monde, y compris en Afrique de l'Ouest. Cependant rien ne peut être confirmé avant d'avoir mené des expériences préalables sur le terrain. Selon l'expérience menée en Australie, la question primordiale n'est peut-être pas de savoir si les sauterelles sont vulnérables aux N.L., car elles le sont presque toutes, mais plutôt, si elles consommeront le son de blé ou un autre porteur. De toutes manières,

ces essais préalables doivent être faits, car N.L. pourrait s'avérer extrêmement utile dans la lutte contre les sauterelles dans ces régions.

CONTRAINTES D'ORDRE TAXINOMIQUE DANS L'UTILISATION

DES APANTELES sp.

(Hym. Braconidae)

B. SIGWALT - ORSTOM / SENEGAL

L'utilisation des Apanteles du groupe flavipes dans la lutte contre les foreurs des graminées met en évidence la nécessité d'études préliminaires complexes. Ces contraintes apparaissent tant sur le plan biologique que sur le plan de la taxinomie des entomophages.

Sur le plan biologique la principale caractéristique des espèces utilisées au moins pour A. flavipes Cam. et A. sesamiae cam est leur polyphagie. Elles attaquent des Noctuelles (Sesamia etc.) et des Pyrales (Chilo...etc), elles-mêmes polyphages par rapport aux graminées vivrières et industrielles: riz, canne à sucre, maïs, mil, sorgho....etc... Cette polyphagie croisée complique singulièrement les travaux d'inventaire faunistique qui doivent normalement précéder les choix de parasites à introduire. Mais la conséquence possible, sinon probable, la plus importante se trouve dans la constitution de souches spécialisées (au races biologiques ou espèces jumelles etc..., cf Tricnogramma) de l'entomophage vis-à-vis de ses hôtes potentiels. Le résultat d'une introduction peut être alors différent de celui qui était souhaité. L'alternance de générations liée à la polyphagie constitue alors un mécanisme de sélection.

Ainsi A. flavipes ne se retrouve à l'Ile Maurice que sur Chilo sacchariphagus Boj., alors que les Sesamia ne sont pas attaquées bien que ce soient des hôtes courants du parasite dans son aire d'origine. De même, A. sesamiae, dans différents exemples d'introduction ainsi q'en élevage de laboratoire, montre une dérive vers le genre Chilo, alors que les Noctuelles constituent son hôte normal à l'origine.

Sur le plan pratique, l'utilisation de ces Apanteles doit donc être précédée d'études approfondies sur les souches utilisables: origines géographique - adaptations écologiques - contrôle des hôtes du terrain originaux.

Cette diversité biologique des souches conduit naturellement à la diversité morphologique, c'est-à-dire à la détermination précise des entomophages.

En taxinomie moderne, l'insecte soumis à identification fait partie d'une population soumise à variabilité intraspécifique et par exemple pour les Apanteles - les anciens critères de coloration ou de sculpture (ponctuation) doivent être révisés surtout après

examens de séries de provenances différentes. En corollaire, l'examen d'une espèce donnée doit s'accompagner de l'étude de la faune globale du système écologique concerné, avec les espèces "voisines" se trouvant dans le même complexe. Celles-ci peuvent en effet n'être que des variétés, sans significations biologique. Inversement, un système apparemment simple peut comporter plusieurs espèces (cas particulier des espèces jumelles*) à potentialités différentes.

En ce sens, une collaboration étroite entre le praticien de terrain et le taxinomiste est absolument nécessaire: étude de séries importantes et non d'individus isolés, récolte de la faune annexe.

Outre cette étude préliminaire fondamentale du milieu dans lequel est envisagée l'introduction d'une nouvelle espèce, la taxinomie reste aussi nécessaire après l'introduction: le contrôle de l'installation de la nouvelle espèce est en effet souvent difficile si une espèce voisine existait déjà à l'état indigène. Ce cas est illustré précisément par l'emploi des Apanteles flavipes, sesamiae et chilouis mis en coexistence dans différentes séries d'introductions.

Enfin, il est inutile d'insister sur le fait que l'identification précise des entomophages est nécessaire pour accéder aux publications utiles, sinon pour que les publications soient elles-mêmes utiles.

* sibling species.

REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE
MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT RURAL
- DIRECTION DE L'AGRICULTURE -
- LABORATOIRE D'ENTOMOLOGIE -

HONNEUR-FRATERNITE-JUSTICE

Lutte Biologique contre les Insectes Nuisibles
ses potentialités en Afrique de l'OUEST

U.S. A.I.D. Dakar
9 - 13 Février 1981

LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LA COCHENILLE BLANCHE
DU PALMIER - DATTIER
EN MAURITANIE

PAR

Max de MONTAIGNE
INGENIEUR AGRONOME
ENTOMOLOGISTE CHARGE de la
PROTECTION PHYTOSANITAIRE
des PALMERAIES

&

FALL AHMED MAOULOUD
CONTROLEUR TECHNIQUE
de l'ECONOMIE RURALE
RESPONSABLE du LABORATOIRE
d'ENTOMOLOGIE de NOUAKCHOTT

I. HISTORIQUE

1) Les Coccinelles Coccidiphages et la Lutte Biologique

Si l'on trouve plusieurs types de régimes alimentaires chez les Coccinellidae, les plus fréquents toutefois concernent les espèces prédatrices d'Homoptères : Aleurodiphages, et surtout, Aphidiphages et Coccidiphages.

Les résultats obtenus avec ces deux derniers groupes sont souvent mis en parallèle. On s'aperçoit ainsi que certains des plus beaux succès de la lutte biologique sont obtenus avec les espèces Coccidiphages, alors que l'action des aphidiphages est plus limitée (mais non négligeable).

A cela, plusieurs raisons :

- les Coccinelles vivent surtout dans les zones tropicales ou sub-tropicales, où la diapause hivernale est faible ou nulle : schématiquement, si elles y rencontrent une proie convenable, leur évolution annuelle ne sera pas interrompue, en tout cas pas par le facteur climat (on rencontre tout de même quelques cas de repos estival). On connaît ainsi plusieurs exemples de réussite de contrôle biologique de Cochenilles par les Coccinelles, et ces exemples se situent justement dans des zones chaudes. (1).

Au contraire, les Pucerons commettent leurs dégâts surtout dans des zones tempérées où leurs prédateurs Coccinellidae doivent subir une diapause hivernale, source de mortalité élevée.

- de même la Cochenille manifeste sous ces climats un développement continu, et le prédateur trouve facilement à consommer sa proie sous le stade préférentiel qui lui convient.

- les Cochenilles vivent fixées. Donc les populations prédatrices sont plus stables : comme elles sont généralement sédentaires et inféodées à une strate végétale, et que leur capacité de dispersion est relativement restreinte, elles ne sont pas perturbées par des migrations de leur proie, cas fréquent chez les Pucerons.

- les Coccinelles aphidiphages sont souvent univoltines, les coccidiphages, polyvoltines, ce qui leur assure un développement rapide, comme leur proie.

- (1) Rodolia (= Novius) cardinalis MULS. contre Icerya purchasi MASK. (Margaroidae) dans les vergers de Citrus Californiens (1888 - 89).
Cryptognatha nodiceps MAHS. contre Aspidiotus destructor S. (Diaspidoidae) polyphage sur divers fruitiers des îles Fidji (1928-29).
Lindorus (= Rhizodius) lophantae BLAISD. contre Aspidiotus destructor aux Nouvelles Hébrides (1964).
Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis contre Parlatoria blanchardi TARC. (Diaspidoidae) dans les palmeraies Mauritanienne (depuis 1966).

A ces différences entre aphidiphages et cocciphages s'ajoutent d'autres éléments favorables, moins spécifiques :

- la proie et le prédateur ont sensiblement les mêmes exigences climatiques ;
- la capacité reproductive du prédateur est élevée, supérieure à celle de sa proie (ex: rapport de 1/100 dans le complexe P. blanchardi/Ch. bipustulatus) ;
- le cycle biologique du prédateur est plus rapide que celui de sa proie ; il s'agit d'espèces polyvoltines, et leur nombre de générations par an est donc plus grand ;
- les larves et les adultes prédateurs manifestent une importante voracité (notons cependant que les espèces aphidiphages sont encore plus voraces) ;
- les prédateurs sont importés, et ils sont sains, non porteurs de parasites ou maladies. En général, aucun ennemi naturel n'entrave sérieusement leur activité dans leur nouvel habitat ;
- le prédateur peut être :

* soit strictement inféodé à une espèce exerçant sur lui une grande attraction et provoquant sa dispersion (Rodolia cardinalis, Cryptognatha nodiceps) ; en contrepartie, il n'entrave pas totalement l'extension géographique de la Cochenille, ce qui lui assure son alimentation, du moins dans certaines limites ;

* soit polyphage, cas plus favorable pour sa survie mais limitant partiellement l'action que l'on attend de lui ; il peut trouver d'éventuelles proies de remplacement si le ravageur disparaît (Lindorus lophantae).

On ne peut pas, et pour cause, parler d'"éradication totale du ravageur" : il s'agit d'opérations de lutte biologique, avec leurs limites, et le but atteint (ou recherché) se traduit mieux par la notion d'équilibre biologique. D'ailleurs, dans certains cas comme en Mauritanie, ce but n'est pas définitivement atteint, et il est nécessaire de relancer l'activité prédatrice par des lâchers périodiques de Coccinelles.

2) Cas de la Mauritanie

Dans les années 60, à la demande du Gouvernement Mauritanien, l'Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes (I.R.F.A., ex I.F.A.C.) entreprit des recherches sur la Cochenille Blanche du Palmier-Dattier. Introduite vers 1949 elle provoquait quelques années plus tard de très sévères dégâts sur tous les organes verts du palmier, réalisant de véritables encroûtements à la surface du végétal (rachis, folioles et dattes), empêchant la croissance des tissus jeunes et la fonction chlorophyllienne, affaiblissant l'arbre par les piqûres, et dépréciant les dattes qui prennent un goût amer et deviennent inconsommables.

SMIRNOFF (1957) estime qu'un palmier moyen, de 10 à 15 ans, fortement envahi, porte 180.000.000 d'individus, et que l'action de la Cochenille arrive à être mortelle, même pour un arbre aussi résistant que le palmier.

Menés avec la collaboration de la Station I.N.R.A. d'Antibes et notamment celle de MM BENASSY, IPERTI, et BRUN, et placés sous l'égide du Comité Français contre la Faim, les travaux débutèrent par l'étude de l'écologie du ravageur, de ses auxiliaires autochtones et des possibilités de lutte chimique, puis s'orientèrent vers la lutte biologique.

En 1966, une mission du Museum d'Histoire Naturelle de Paris, dirigée par le Professeur GAILLOT partit en Irak et en Iran ; elle en ramena une souche de Chilocorus bipustulatus, quelque peu différente de celle existant en Europe, que l'on appela variété *iranensis*. Elle fut élevée et multipliée dans la quarantaine d'Antibes en même temps que d'autres Coccinelles (voir III) qui furent également testées en Mauritanie sans pouvoir s'acclimater.

A partir de 1967, il s'avère que cette Coccinelle est efficace, adaptée aux conditions locales malgré la présence d'un endoparasite, le Protozoaire Gregarina Katherina WASTON. Les populations de Cochenille commencent à regresser.

L'élevage de masse est ensuite assuré dans le pays et d'autres lâchers sont effectués dans diverses régions ainsi qu'au Niger. Certains essais sont même réalisés par avion au moyen d'une bombe tout à fait originale (modèle LENORMAND).

Actuellement, reprenant à son compte une technique qui a donc fait ses preuves, le Laboratoire d'Entomologie Agricole de Nouakchott, successeur modeste de l'I.F.A.C. dans ce domaine, remet sur pied l'élevage pour réaliser à nouveau des lâchers dans toutes les zones où cela sera nécessaire.

II. RESUME SOMMAIRE DU FILM REALISE PAR L'I.F.A.C. EN MAURITANIE :

"LES COCCINELLES AU SERVICE DE L'HOMME"

Il faut distinguer deux parties :

1) Nettement plus courte et servant pratiquement d'introduction, la première partie présente :

-- le pays et la localisation des palmeraies en fonction du réseau hydrographique. Trois zones phénicoles sont importantes, du Nord au Sud, l'Adrar, le Tagant et l'Assaba ; c'est dans l'Adrar que la culture du palmier est la plus ancienne et la plus célèbre. L'I.F.A.C. y installa à Atar une base d'expérimentation phénicoles.

- la Cochenille Blanche dans son biotope naturel, ses dégâts, son importance économique.

- la lutte chimique et ses limites : l'accent est mis sur le peu d'efficacité d'une telle méthode. La rémanence n'excède pas 15 jours pour le arathion : de nombreux traitements sont nécessaires, d'où un coût et des risques accrus pour les nappes phréatiques, les animaux et bien sûr, l'homme.

Toute cette présentation débouche sur la nécessité ressentie d'une méthode respectant davantage le milieu environnant : la lutte biologique semble toute indiquée.

2) a) Etudes préliminaires

Non montrés dans le film, les prédateurs locaux n'ont qu'une activité modeste. D'où l'importation par avion de prédateurs originaires de différents pays (Etats-Unis, Iran, Irak) : ils sont multipliés à Antibes, puis expédiés vers la Mauritanie. Ils transitent par l'aéroport de Nouakchott d'où ils sont acheminés sans délai sur Atar : il est impératif que le voyage soit le plus bref possible.

Les Coccinelles importées sont séparées en deux lots :

- l'un est conservé pour des études biologiques en laboratoire (durée du cycle, exigences climatiques, fécondité, etc.)/

- l'autre est placé dans la Nature sur un jeune palmier infesté, protégé par une grande cage finement grillagée (cage de multiplication).

b) Découverte d'un prédateur efficace : Chilocorus bipustulatus var. iranensis.

Des prélèvements de Coccinelles sont effectués dans les cages et les insectes sont relâchés au coeur d'arbres malades dans des zones choisies.

La voracité et la fécondité sont élevées : ceci impose le déplacement fréquent des cages de multiplication où le prédateur se met à pulluler et élimine rapidement toute trace de Cochenille.

Quelques images montrent l'aspect comportemental de C. bipustulatus (adulte, larve, nymphe, accouplement, nutrition). On doit surtout en retenir le dégagement de plâges vertes sur l'arbre, de plus en plus nombreuses, et pour comparaison se rappeler les encroûtements spectaculaires vus au début du film.

Les lâchers sont d'abord réalisés en Adrar, puis dans le Tagant et enfin dans le Sud, autour de Kiffa et de Rosso.

Les Coccinelles sont décimées par les chaleurs de Juin à Octobre : cela impose le maintien de souches en Mauritanie, et leur élevage de masse pour renouveler les populations naturelles lorsque celles-ci s'affaiblissent. Un aperçu est donné sur le Laboratoire de Nouakchott.

Des Cochenilles sont multipliées en salles sur Cucurbitacées et servent de nourriture aux Coccinelles. Celles-ci seront ensuite envoyées dans les zones à traiter, zones débordant largement les frontières puisque des lâchers furent réalisés au Niger (Aïr notamment).

III. NOTIONS COMPLEMENTAIRES SUR LA LUTTE CONTRE PARLATORIA BLANCHARDI

1) Parlatoria blanchardi.

La dissémination de cette espèce est le fait du vent et surtout de l'homme (commercialisation des divers produits du palmier-dattier, transport involontaire sur les vêtements ou par l'eau d'irrigation etc). Le Moyen-Orient et l'Afrique sont les principales zones touchées, mais la Cochenille a aussi été véhiculée jusqu'en Australie, en Amérique du Sud et aux Etats-Unis (1).

Particulièrement bien adaptée au climat saharien chaud et sec, la Cochenille blanche est, selon SMIRNOFF, favorisée par les biotopes protégés contre l'insolation directe et relativement humides : rejets, base des palmes, rachis des régimes, et en particulier, coeur de l'arbre ; très schématiquement, la migration des larves mobiles se fait de la couronne extérieure de palmes vers le centre de l'arbre, et le renouvellement des populations de Cochenille suit assez bien celui de la végétation du palmier (pour plus de détails, cf. LAUDEHO et BENASSY, 1969).

En Mauritanie où son cycle biologique semble conditionné surtout par la température, 4 à 6 générations durant chacune 45 à 80 jours, se suivent assez rapidement, sans diapause hivernale. La fécondité (11 oeufs /0) est supérieure à celle observée dans le Sud Marocain, mais reste faible pour un insecte capable de telles pullulations.

2) Méthodes de lutte

Outre le procédé Sultan⁽¹⁾ et le brûlage⁽²⁾, la lutte chimique peut être envisagée. Cependant, qu'elle soit curative ou mieux, préventive sur le rejet avant leur transport, elle n'est pas la solution idéale.

Le palmier n'est pas un arbre facile à traiter avec de petits moyens ; de plus, certains organes recouverts de bourre ou simplement de sable restent un abri pour la Cochenille car un mouillage parfait n'est pas toujours obtenu.

(1) Aux U.S.A. un service de quarantaine et un programme d'inspection, absolument draconniens, assortis de traitement par brûlage, ont abouti à l'éradication de la Cochenille, au bout d'une trentaine d'années.

Il a été évoqué plus haut le manque de rémanence des produits, à l'origine de la répétition des applications : le coût des traitements et les risques pour l'environnement se multiplient. Au point de vue entomofaune, les produits employés (parathion) sont peu sélectifs donc détruisent les auxiliaires. Aucune de ces méthodes n'est donc réellement satisfaisante.

3) Introduction du prédateur

Quelques insectes autochtones jouent un rôle d'auxiliaires ; deux d'entre eux manifestent une présence assez permanente :

Cybocephalus sp. (Nitidulidae)

Pharoscymnus anchorago F. (Coccinellidae)

et les autres sont plus inconstants (Chrysopidae ; autres Pharoscymnus ; un Aphelinidae Aphytis mytilaspidis LE BARON, et quelques Acariens).

En fait, à cause d'un faible taux de multiplication, en dessous de leurs potentialités théoriques et d'une longévité réduite, d'une voracité peu importante, du rôle des entomophages et des maladies etc, leur action est insignifiante et il faut envisager d'autres espèces.

IPERTI et ses collaborateurs s'imposent de choisir des "Coccinelles coccidiphages capables d'accomplir leur cycle dans des conditions climatiques sub-désertiques et dont la voracité et le taux de multiplication se situent à un niveau beaucoup plus élevé que celui observé chez les prédateurs indigènes". D'où les essais réalisés avec quatre souches :

Pharoscymnus ovoideus SIC. originaire d'Iran (1),

Chilocorus stigma SAY. originaire des Etats-Unis, s'avèrent beaucoup trop sensibles à la Grégarine.

Lindorus lophantae BLAISD. ne parvient pas à s'acclimater, bien que son aire de distribution géographique soit subtropicale.

Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis originaire d'Iran reste actuellement l'espèce la plus adaptée aux conditions locales (climat, Grégarine) et la plus efficace.

a) Technique d'élevage

Quelques précisions sont nécessaires.

L'élevage en laboratoire de la Coccinelle passe d'abord par celui de son support alimentaire, qui est la Diaspine Chrysomphalus ficus ASHM.

On n'élève pas directement Ch. bipustulatus sur P. blanchardi, parce que :

(1) Taille très sévère au ras du stipe, sur jeunes rejets seulement (résultats incertains).

(2) Nettoyage préalable de l'arbre que l'on passe ensuite à la flamme (ex. arrosage à l'essence) puis à l'eau chaude salée (résultats excellents mais mortalité élevée des palmiers).

- la Cochenille Blanche est inféodée aux Palmacées et un élevage de masse en laboratoire devient trop complexe ;

- Ch. ficus est en contrepartie plus "souple" d'emploi ;

- la Coccinelle est assez polyphage ; elle s'accommode très bien de cette alimentation et au sortir du laboratoire, passe sans problèmes sur le ravageur pour lequel on la destine.

La Cochenille étant elle aussi un matériel vivant, il faut lui assurer sa nourriture. Il s'agit de fruits de Cucurbitacées notamment une courge marocaine originaire de Zagora, choisis en fonction de :

- leur aptitude au stockage (délais variables entre la date de récolte et d'emploi).

N.B. : conditions après traitement anticryptogamique 15° C ; 10 - 20% H.R; obscurité constante.

- leur résistance aux piqûres des phytophages : après une conservation plus ou moins longue, le même fruit doit être infesté et réinfesté par plusieurs générations de Cochenille, sous des conditions différentes de celles du stockage.

N.B. : conditions d'élevage de Ch. ficus : 26°C ; 40 - 50% H.R. ; lumière continue. Durée du cycle : 1 mois.

- leur manipulation plus aisée. Cette Cochenille s'élève aussi sur pomme de terre, au prix de manipulations plus nombreuses, de toutes manières, ce n'est pas une solution valable pour la Mauritanie.

Les Coccinelles à introduire en palmeraie doivent être saines (exemptes de Grégarine), d'où le rôle de la quarantaine. Dans les salles d'élevage ne peut pénétrer que la seule Cochenille (Ch. ficus) sur son support alimentaire, et en aucun cas P. blanchardi souvent porteuse du protozoaire.

La Coccinelle est élevée à 29 - 30°C, 40 - 50% H.R. et une photopériode de 18 h L/6 h O, pour un cycle d'environ un mois.

b) Particularités de Ch. bipustulatus

C'est une espèce :

1) polyvoltine : elle présente en Adrar 6 à 8 générations par an sans arrêt de développement bien marqué ; elle reste cependant sensible aux fortes chaleurs intervenant de Juin à Octobre et qui provoquent, soit une quiescence estivale, soit une mortalité parfois élevée.

(1) Il existe à Toungad dans l'Adrar Ph. ovoideus hamifer SMITH.

(2) A Kankossa dans l'Assaba, on trouve l'espèce Ch. distigma KLUG.

Ces deux dernières espèces n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

2) très prolifique : la femelle dépose de 750 à plus de 1200 oeufs (5 à 8 par jour) au cours d'une existence qui dépasse en moyenne 60 jours et atteint parfois 4 à 5 mois. Dans les conditions du laboratoire, il lui faut environ 35 jours pour accomplir son cycle.

3) très vorace : une larve âgée ou un adulte de Ch. bipustulatus consomment plus de 100 P. blanchardi adultes par jour.

Si on se livre à un petit calcul très théorique, un seul couple ayant achevé sa maturation sexuelle à l'origine de 8 oeufs par jour, et les descendants adultes issus de façon échelonnée de ces oeufs, arriveraient en 60 jours à consommer près de 380.000 Cochenilles adultes. Cette prolificité et cette voracité ont dans la pratique au moins deux conséquences importantes :

× en laboratoire, les courges infestées doivent être fréquemment renouvelées (selon le stade la Coccinelle, pas plus de 15 à 5 jours pour une centaine de prédateurs) ;

× en palmeraie, les Coccinelles peuvent assainir rapidement certaines zones et disparaître faute de nourriture en quantité suffisante.

4) inféodée aux stades élevés, bien que son action se fasse sentir à tous les niveaux du palmier.

5) moyennement sensible à la Grégarine qui attaque jusqu'à 50% des populations ; malgré cela, celle-ci peut arriver à limiter sa capacité reproductive. L'influence des fortes chaleurs, surtout en milieu sec et sans zones refuges est bien davantage néfaste à sa conservation.

c) Principes des lâchers

La zone doit être suffisamment contaminée, adaptée en quelque sorte à la voracité de la Coccinelle.

Les époques favorables des lâchers se placent entre fin Octobre et Avril ; les Coccinelles peuvent alors coloniser les palmiers et se disperser. La Cochenille est plus résistante à la chaleur et se développe intensément en l'absence de prédateur jusqu'à ce que la prolificité de celui-ci lui permette de reprendre le dessus.

Les façons culturales doivent favoriser la Coccinelle :

- sous cultures et irrigation, créant un micro-climat, plus frais et plus humide, atténuant l'effet des températures élevées ;

- proscrire tout brûlage de paille et d'herbes sèches sous les palmiers car les foyers de Coccinelles s'y réfugient ;

- les palmes anciennes doivent être coupées vers Août - Septembre avant la reprise d'activité en Octobre des prédateurs provenant de lâchers antérieurs.

(cf. TOURNEUR, 1973).

d) Technique de lâcher envisagées actuellement. Rôle du
Laboratoire d'Entomologie de Nouakchott

Une fois passé le stade expérimental et la technique au point, il devient plus judicieux d'élever la Coccinelle sur place. Le Laboratoire va jusqu'à produire lui-même ses propres courges de Zagora, non commercialisées en Mauritanie, ce qui lui assure une plus grande autonomie.

Les envois par avion tels qu'on a pu les voir dans le film, ne causent une mortalité faible que de 13 à 26%, malgré une série de voyages durant plus d'une semaine. Cependant, pour une opération de grande envergure, il est plus rationnel de spécialiser sur place une équipe ne s'occupant que d'une Coccinelle et que d'une culture (ce n'est pas du tout le cas de la Station I.N.R.A. d'Antibes).

Tout comme dans le film, les Coccinelles seront transportées, non plus depuis Atar, mais depuis la base de Nouakchott, en véhicules tous terrains jusqu'aux zones phénicicoles, sur des courges encochenillées. Pour diverses raisons, les lâchers ou plutôt, les "bombardements" par avion essayés par l'I.F.A.C. ont été abandonnés. Ils présentaient pourtant l'avantage de réduire les distances dans un pays aux voies de communication difficiles et de réaliser les lâchers simultanément lorsque les conditions sont requises.

Les cages de multiplication ne sont pas obligatoires mais servent, lorsque les conditions sont bonnes, à créer des foyers artificiels d'où partiront d'autres lâchers dans des délais plus courts.

Il faut 400 Coccinelles à l'hectare, en deux lâchers, pour assainir une palmeraie en deux ou trois ans, soit au départ une moyenne de moins de 2 prédateurs par arbre.

On peut estimer qu'une Coccinelle revient, toutes charges comprises, de 200 à 300 UM (1000 à 1500 F CFA) : à titre indicatif, l'évaluation d'un seul traitement au parathion était en 1967 de 50 F CFA de l'époque par arbre : compte-tenu de l'inflation, de la répétition des traitements chimiques multipliant d'autant leur coût, et ce sur deux ou trois ans, de l'effet durable des Coccinelles qui en outre peuvent se disperser dans des zones non traitées, et enfin de la sauvegarde de l'environnement, la supériorité économique et écologique de cette méthode de lutte est en définitive peu discutable.

Outre toutes ces considérations techniques, le succès de l'opération est aussi psychologique car nombreux sont les états producteurs de dattes ou les organismes à vocation internationale qui sont sensibilisés à ce problème.

D'autre part, les phéniciculteurs ont très vite compris l'effet bénéfique des Coccinelles, malgré la déception de certains qui y voient une sorte de remède miracle universel ... Le transport par boîte d'allumettes, voire les prélèvements clandestins dans les cages de multiplication, bien que gênant un comptage précis pour les observateurs, représentent de la part des populations locales une attitude encourageante.

BIBLIOGRAPHIE (SIMPLIFIEE)

- BRUN, J. (1968) - Rapport de la mission effectuée en République Islamique de Mauritanie dans le cadre de l'intervention destinée à lutter contre la Cochenille du Palmier-Dattier.
I.N.R.A. Antibes, 30 p.
- CHOPPIN de JANVRY, E. (1969) - Activités de la mission anticochenille en ADRAR pour la période : Octobre 1967 à Octobre 1968.
Min. Aff. Etr. Secr. Etat à la Coopération, Paris, 73 p. +pl.
- I.F.A.C. (1974) - Les Recherches sur le Palmier-Dattier. Principaux résultats acquis.
I.F.A.C., 117 p.
- IPERTI, G. ; BRUN, J. (1969) - Rôle d'une quarantaine pour la multiplication des Coccinellidae Coccidiphages destinées à combattre la Cochenille du Palmier-Dattier (Parlatoria blanchardi TARG.) en ADRAR MAURITANIEN.
Entomophage, 14 (2), 149 - 157.
- IPERTI, G. ; LAUDEHO, Y. (1969) - Les entomophages de Parlatoria blanchardi TARG. dans les palmeraies de l'ADRAR Mauritanien I. Etudes biologiques et écologiques préliminaires. Perspectives d'acclimatation de nouveaux prédateurs Coccinellidae.
Ann. Zool. Ecol. Anim., 1 (1), 17 - 30.
- IPERTI, G. ; LAUDEHO, Y. ; BRUN. ; CHOPPIN de JANVRY, E. (1970) - Les entomophages de Parlatoria blanchardi TARG. dans les palmeraies de l'ADRAR Mauritanien II. Introduction, acclimatation et efficacité d'un nouveau prédateur "Coccinellidae" Chilocorus bipustulatus L. variété "iranensis" (var. nov.). Ann. Zool. Ecol. Anim., 2 (4), 617 - 638.
- IPERTI, G. ; KATSOYANNOS, P.; LAUDEHO, Y. (1977) - Etude comparative de l'anatomie des Coccinelles Aphidiphages et Coccidiphages et appartenance d'Exochomus quadripustulatus L. à l'un de ces groupes entomophages (col. Coccinellidae).
Annls. Soc. Ent. Fr. (N.S.), 13 (3), 427 - 437
- LAUDEHO, Y. (1968) - Aphytis mytilaspidis (LE BARON) parasite de Parlatoria blanchardi (TARG.) dans les palmeraies de l'ADRAR Mauritanien Fruits, 23 (5), 271 - 275.
- LAUDEHO, Y. (1969) - Intervention bio-écologique en ADRAR Mauritanien destinée à lutter contre P. blanchardi TARG. (Hom. Diaspididae). Acclimatation d'un prédateur Coccinellidae : Chilocorus bipustulatus var. iranensis.
Th. Doc. Ing. Fac; Sc. MONTPELLIER.

- LAUDEHO, Y. BENASSY, C. (1969) - Contribution à l'étude de l'écologie de Parlatoria blanchardi TARG. en ADRAR Mauritanien
Fruits, 24 (5), 273 - 288.
- LAUDEHO, Y. ORMIERES, R. ; IPERTI, G.; BRUN, J. (1969) - Les entomophages de Parlatoria blanchardi TARG. dans les palmeraies de l'ADRAR Mauritanien II. Etude d'un parasite de "Coccinellidae, Gregarina Katherina" WASTON.
Ann. Zool. Ecol. An., 1 (4), 395 - 406.
- SMIRNOFF, W.A. (1957) - La Cochenille du Palmier-Dattier (Parlatoria blanchardi TARG.) en Afrique du Nord. Comportement, importance économique, prédateurs et lutte biologique.
Entomophage, 2 (1), 1 - 99
- TOURNEUR, J.C. (1970) - L'utilisation des Coccinelles prédatrices en lutte biologique.
Fruits, 25 (2), 97 - 107.
- TOURNEUR, J.C. (1973) - La lutte menée par l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I.F.A.C.) contre Parlatoria blanchardi TARG. ravageur du Palmier-Dattier.
III^e conférence F.A.O sur l'amélioration de la production, du traitement et de la commercialisation des dattes. BAGDAD (Irak). 3 Nov. 1973, 5 p.
- TOURNEUR, J.C. ; HUGUES, R. (1975) - Evolution annuelle des populations de Chilocorus bipustulatus L. var. iranensis (Coléoptera, Coccinellidae) prédateur importé de Parlatoria blanchardi TARG. (Homoptera, Diaspididae). Interaction hôte - prédateur.
Fruits, 30 (12), 773 - 782.
- TOURNEUR, J.C. ; HUGUES, R. ; PHAM, A. (1976) - Efficacité prédatrice de Chilocorus bipustulatus var. iranensis (Coléoptera - Coccinellidae) dans la lutte contre Parlatoria blanchardi TARG. (Homoptera - Diaspididae). Assainissement des palmeraies de l'ADRAR et du TAGANT Mauritanien.
Fruits, 31 (1), 61 - 66
- TOURNEUR, J.C. ; NDIAYE, A.M. (1971) - Intervention bio-écologique contre la Cochenille blanche du Palmier-Dattier Parlatoria blanchardi TARG. (Coccoidea - Diaspididae) dans le TAGANT Mauritanien par l'introduction de la Coccinelle Chilocorus bipustulatus var. iranensis.
Fruits, 36 (12), 847 - 857.

Pour d'autres publications à ce sujet, consulter notamment la liste bibliographique dans l'article de TOURNEUR et HUGUES (1975)

REPUBLIQUE DU NIGER
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE

INRAN

CENTRE LUTTE BIOLOGIQUE

AGADEC

RAPPORT DE SYNTHESE SUR LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE
LA COCHENILLE BLANCHE PARLATORIA BLANCHARDI DU
PALMIER-DATTIER AU NIGER

Présenté par :
MOUNKAILA MAIGUIZO
Directeur du Centre
Lutte Biologique
A G A D E Z (Niger)

DAKAR, du 9 au 13 Février 1981

LUTTE BIOLOGIQUE - LA COCHENILLE BLANCHE AU PALMIER-DATTIER
EN REPUBLIQUE DU NIGER

I. Note d'introduction

Ce n'était certes, pas un problème inconnu des Nigériens, mais à partir de 1970 l'ensemble des palmeraies du pays était fortement envahi par la cochenille blanche et les dégâts occasionnés aux récoltes très importants. La préservation des palmeraies constitua alors, dans ces conditions, une tâche prioritaire indépendante de toute considération de rentabilité immédiate.

Le Gouvernement nigérien chargeait alors les services agricoles de mettre au point une technique phytosanitaire capable d'enrayer efficacement les pullulations de P. Blanchardi.

Indépendamment du travail consacré à l'accumulation des renseignements biologiques, écologiques, climatiques et phytosanitaires susceptibles de caractériser l'environnement et la biocoénose de P. Blanchardi une grande partie des activités du Centre de Lutte Biologique s'orienta vers l'obtention, la multiplication en République du Niger. De 1973 à 1975, l'intervention bio-écologique enregistrait ses premières chances de succès avec l'acclimatation progressive d'une nouvelle espèce entomophage introduite, Chilocorus bipustulatus var. iranensis en provenance de Mauritanie.

A partir de 1973 - 74 programme d'application des données acquises et la dissémination de plusieurs milliers de coccinelles récoltées dans les foyers de multiplication naturelle repérés a été mis en place dans les régions de l'Air de de Kaouar.

Mais pour passer à une inondation biologique "efficace à grande échelle, des foyers de multiplication soumis aux aléas climatiques ne pouvaient suffir et surtout permettre la mise en place d'une lutte rationnelle et programmable.

Dès 1976, un insectarium était construit à Agadez (Centre opérationnel) pour effectuer un élevage massif de Chilicorus bipustulatus en permanence.

La présente publication donne la synthèse des travaux réalisés et met en valeur les résultats obtenus.

II - APPROCHE LUTTE BIOLOGIQUE AU NIGER

L'opération se décompose dans le temps en plusieurs phases:

- une phase préparatoire

L'année 1971 et le début de 1972 furent employés à la sélection des zones de lâchers, à la formation du personnel technique indispensable et à la mise en place des installations de base nécessaires à la réalisation du programme d'introduction du prédateur Chilicorus bipustulatus var. iranensis.

En même temps on installait dans la région d'Agadez un laboratoire de campagne permettant de mener à bien les différentes observations envisagées: inventaire des prédateurs locaux, recherches de grégaires; etc... Une parcelle était aménagée à Al-Arses et In-Gall où étaient installées les cages recouvrant de jeunes palmiers ou se feraient la mise en multiplication des coccinelles introduites.

2) Phase de réalisation:

- Inventaire de la faune entomophage locale:

Il porte uniquement sur les parasites et prédateurs récoltés directement dans les palmeraies pour détermination.

Les espèces suivantes ont été observées:

<u>Ordre - Famille et espèces</u>	<u>Répartition Géographique</u>
<u>NEVROPTER</u>	
<u>Chrysopidae</u>	Dans toutes les palmeraies avec une population importante à In-Gall
<u>COLEOPTERA</u>	
<u>Nitidulidae</u>	
<u>Cybocephalus sp.</u>	Dans toutes les palmeraies
<u>Coccinellidae</u>	"
<u>Pharoscymnus semiglobosus</u>	"
Karsch.	"
<u>Pharoscymnus ancorago F.</u>	"
<u>Exochomus sp.</u>	Dans toutes les palmeraies Alarses et In-Gall
<u>Scymnus sp.</u>	Trouvé dans de nombreuses palmeraies mais en nombre restreint.

 Ordre - Famille et espèces

Répartition Géographique

 HYMENOPTERA

Aphelinidae

Aphytis sp.Chilocorus Distigma KalyAdalia sp.

Al Arses

Dans toutes les palmeraies
sur pucerons

 HEMISARCOPTES MALUS MITES

Les principaux entomophages indigènes récoltés dans les palmeraies de l'Air sont Ch. semiglobosus, Ph. ankorago et Cybocephalus sp.

Les Névroptères n'interviennent qu'occasionnellement et n'ont été observés en nombre assez important que dans les palmeraies d'In-Gall.

Tout comme en Mauritanie, l'activité de ces prédateurs et parasites était très nettement insuffisante pour faire régresser, ni même limiter le développement des infestations de la cochenille; d'ou la nécessité d'une intervention.

- Recherches des facteurs limitant l'expansion des prédateurs coccinellidae

Climatologie:

Les palmeraies de l'Air Nigérien sont disséminées dans les nombreuses vallées du massif montagneux. L'absence de postes météorologiques ne permet pas de connaître avec précision le climat qui y règne. On se trouve dans l'obligation d'extrapoler à partir des données de la station d'Agadez.

Le climat est désertique caractérisé par des moyennes de températures élevées toute l'année, une hygrométrie relative très basse et une courte saison des pluies.

Le climadiagramme tracé suivant la méthode du Weltatlas de Walter et Lieth pour Agadez (fig. no 1 et 2) montre:

- que les moyennes très hautes de températures (supérieures à 30°C) débutent en Mars-Avril pour se terminer en Septembre-Octobre. Néanmoins, à partir d'août, ces moyennes ne sont que très légèrement supérieures à 30°C;
- que la moyenne minimale du mois le plus froid est de 7,6°C;
- que les précipitations pluviométriques sont assez importantes: 158,4mm.

Certaines palmeraies, pour la plupart du type dit de "Cueillette" ne sont pas irriguées à l'exception des jeunes plants. Leurs conditions ne sont pas favorables à la multiplication des prédateurs. Dans d'autres, un arrosage temporaire est effectué pendant la période des sous-cultures. Cela entraîne un léger abaissement de la température et une élévation de l'humidité. De ce fait, le milieu ambiant est plus favorable que celui climadiagramme de la fig. 2 établi d'après les données fournies par l'Office National Météorologique du Niger. Quoiqu'il en soit, les données de la région d'Agadez se situent en position intermédiaires entre celles d'Atar et Tidjikdja (Tourneur et N'Diaye - 1971) deux localités de Mauritanie où les prédateurs introduits se sont parfaitement développés.

Il était donc fort probable qu'il en soit de même au Niger.

Recherche du parasite Gregarina sp.

L'ennemi le plus important de beaucoup de coccinellidae est un sporozoaire, parasite intestinal appartenant au genre Gregarina. L'importance spoliatrice qu'il exerce sur son hôte fait qu'il est le facteur limitant clé pour les prédateurs locaux. Bien que l'on sache que Gregarina Katherina Watson existant en Mauritanie soit peu nocif à C. bipustulatus (Laudeho, Ornières et Iperti - 1969), il était néanmoins intéressant de savoir s'il était présent au Niger. Des sondages ont donc été effectués parmi les coccinelles indigènes. Pratiquement ce sporozoaire a été trouvé dans toutes les localités où Ph. ankorago et Ph. semiglobosus ont été récoltés.

L'intervention bio-écologique destinée à combattre la cochenille du palmier-dattier à l'aide de la coccinelle, C. bipustulatus var. iranensis ne semblait pas devoir rencontrer de difficulté majeure. Son introduction pouvait donc être réalisée.

- Introduction de la coccinelle chilocorus bipustulatus var

- transport des insectes

Le transport des coccinelles depuis Nouakchott jusqu'à Agadez s'est effectué par voie aérienne. A cet effet, des caissettes en bois percées de trous d'aération obturés d'un fin grillage en toile de bronze ont été employées (type utilisé par le laboratoire I.N.R.A. d'Antibes - Iperti et Brun - 1969). Chaque emballage contenait une pastèque infestée de la

cochenille Chrysomphalus ficus Ashm. Ces dernières allaient servir à l'alimentation nécessaire pour une très bonne survie de 2.000 coccinelles durant les six jours de voyage. Début 1973, 4000 prédateurs furent ainsi acheminés sur les lieux de lâchers avec moins de 10% de mortalité.

- Multiplification sous cage.

Une fois arrivée au Niger, les prédateurs ont été multipliés à l'intérieur des cages installées dans la palmeraie d'Al-Arses voisine d'Agadez. Chaque cage (2 x 2 x 2 m) constituée d'une armature tubulaire recouverte sur toutes ses faces par une fine mousseline nylon recouvre un petit palmier fortement infesté par P. blanchardi. Un double toit de tissus recouvre la cage et débord largement afin de la protéger d'une insolation directe et d'abaisser la température qui a tendance à s'élever en raison de l'effet "brise vent" de la mousseline.

Les trois unités de multiplication ainsi créées ont produit une quantité suffisante de coccinelles pour autoriser très rapidement des prélèvements périodiques destinés à effectuer des lâchers dans la nature.

Un tel dispositif reste soumis aux accidents par intempéries tel un arrachement lors de tornades. Il n'est pas à l'abri de certains inconvénients comme les pullulations de fourmis ; d'araignées.

En même temps que la mise en multiplication de coccinelles dans ces cages, des lâchers directs ont été effectués dans diverses palmeraies de l'Air à partir du début de 1973. D'autres ont été fait ultérieurement (1974) dans les régions du Kaouar, Djado et Fachi (voir le chapitre spécial)

- Acclimatation de *Chilocorus bipustulatus* var. *iranensis*

Avant d'analyser les différentes étapes de la colonisation des palmeraies du Niger par C. bipustulatus var iranensis et de préciser quel a été son comportement, il y a lieu de donner un aperçu chronologique du nombre d'insectes transportés d'Agadez vers les différentes palmeraies et d'indiquer ces points de lâcher.

Ces données sont mentionnées dans le Tableau no.I.

Il est intéressant de noter que sur les 22.300 insectes lâchés en 1973 et 1974, 4.000 seulement furent introduits de Mauritanie, ce qui

donne plus de 16.000 insectes récoltés en deux dans les enceintes de multiplication en deux ans dans la parcelle Barbak à Al-Arses.

Pour éviter une surpopulation des insectes dans les cages où la multiplication fut très rapide dès le mois de Mars 1973, un certain nombre fut prélevé et lâché dans la nature. Avec l'apparition des chaleurs d'Avril à mi-juillet, une diminution du taux de prolifération ne permit plus une telle opération. Mais dès le mois d'Août, leur multiplication reprenait et autorisait de nouveaux lâchers. Cette période se prolongeait jusqu'en Mars 1974, puis était de nouveau interrompue au moment des fortes chaleurs. Les interruptions de Décembre 1973, janvier et Octobre 1974 étaient dues, non pas à des conditions climatiques défavorables ou au manque de prolifération des coccinelles, mais simplement à la nécessité d'effectuer d'autres travaux. En raison des distances et des moyens techniques disponibles, seuls les lâchers effectués dans 5 parcelles à In-Gall et Alarses ont pu être suivis régulièrement.

Le tableau no. 2 permet de suivre fidèlement l'évolution du niveau des populations lâchées dans ces dernières.

Dans les parcelles bien irriguées et bien entretenues au moment des premiers lâchers réalisés en février 1973, le prédateur s'est établi très rapidement puisque dès le mois de Mai, il était noté une bonne multiplication des coccinelles. Cette prolifération, bien que ralentie, s'est toute fois maintenue durant la saison chaude (Mai à Juillet), grâce à l'irrigation abondante alors prodiguée à ces parcelles. En Août, dès la diminution des fortes températures, la multiplication et la dissémination des insectes deviennent intense à Alarses. Les parcelles voisines de celle du lâcher sont colonisées très rapidement. Mais à la fin de 1973, les conditions de sécheresse sont telles que bien des parcelles ne sont plus irriguées ni cultivées en raison de l'assèchement des puits. Dans cette condition la coccinelle se maintient avec peine et disparaît plus ou moins complètement dès l'apparition des fortes chaleurs.

Par contre, dans les parcelles où un bon entretien a pu être maintenu, sa multiplication devient très importante et son acclimatation est effective malgré les très nombreux imagos qui y seront prélevés pour la dissémination dans d'autres palmeraies.

En Décembre 1974, 20 mois après la première introduction, le bilan est très positif. En effet, dans les parcelles visitées et observées mensuellement, il a été constaté une acclimatation très rapide, ainsi qu'une prolifération intense des coccinelles lâchées. Dans les autres palmeraies, bien que des observations n'aient été faites que sporadiquement, les constatations réalisées indiquent que tout s'y passe identiquement. La présence d'insectes plusieurs mois après leur lâcher et l'assainissement des palmiers confirme que dans l'Air, les résultats ont été tout à fait comparables à ceux obtenus antérieurement en Mauritanie.

- Dynamique des populations de *Chilocorus bipustulatus* var. *iranensis* - Facteurs de régression - Facteurs favorables.

Effectués pour s'assurer de l'implantation du prédateur, les observations mensuelles de présence d'insectes (larves et adultes) sur les palmiers ont permis, en outre, de tirer des indications précises sur l'évolution des populations au cours de l'année et de la comparer avec celle des prédateurs indigènes.

Cette étude du comportement naturel de cette coccinelle dans sa nouvelle région d'introduction a été faite dans la parcelle Barbak à Al-Arses en raison de sa proximité de la base d'Agadez.

Les relevés écologiques périodiques effectués sur trois palmiers ont été rattachés aux conditions climatiques régionales (fig. 2 a et b).

Ces courbes font apparaître une prédominance des périodes de l'année favorables aux prédateurs. Ce dernier ne régresse intensément que pendant les fortes chaleurs (Avril à Juillet) et pendant la période froide (janvier et février).

Peu après un lâcher, l'activité du prédateur introduit vient compléter celle de la faune entomophage locale, mais dès que le premier existe en grand nombre, il entraîne une baisse très importante des autres, qui parfois disparaissent presque complètement.

Parmi les facteurs de régression autres que la température, entrent en ligne de compte les ennemis naturels des coccinelles. Ceux-ci ont été recensés dans les palmeraies de l'Air. Il a pu être observé que:

- des hyménoptères, telles que les fourmis vivent à leur dépend et sont parfois la cause d'une mortalité assez importante;
- des dictyoptères, telles les mantes religieuses qui sont très souvent observées en grand nombre se nourrissant de larves de coccinelles là où des populations importantes se développent;
- des araignées sont également susceptibles d'être présentes en grand nombre. De nombreux imagos de coccinelles sont pris par leurs toiles.

Dans certaines conditions, il semble que l'action conjuguée des ennemis puisse freiner le développement de la faune entomophage utile dans une proportion non négligeable. Néanmoins, une maladie causée par un sporozoaire du genre Gregarina reste le danger le plus important. De ce fait des dissections régulières ont été effectuées pour suivre l'évolution du pourcentage de population atteinte au cours de l'année. Les résultats sont donnés dans le tableau 3.

Ce dernier montre que les taux de parasitisme enregistrés chez C. bipustulatus sont toujours très faibles. Ils dépassent rarement 10%. Ils sont beaucoup plus élevés (jusqu'à 70%) chez Pharoscymnus sp. Ce qui peut expliquer le manque d'efficacité de cette coccinelle.

Jusqu'à ce jour, cette maladie n'a pas empêché C. bipustulatus de se multiplier intensément partout où les conditions climatiques ne sont pas le facteur limitant.

3) Phase de Contrôle de l'Efficacité de l'intervention Bio-écologique

Les résultats obtenus au cours des deux années d'intervention permettent dès à présent de mettre en évidence, l'efficacité prédatrice de la coccinelle introduite et d'évaluer l'assainissement obtenu dans les palmeraies.

Par une notation allant de 0 à 5 (Tourneur et Vilardebo - 1975), attribuée selon le niveau d'infestation par la cochenille de chacune des trois zones de palmier, il est possible, en faisant la moyenne de donner le niveau moyen général de l'infestation du palmier. La répétition dans le temps de suivre l'évolution de l'intensité des attaques, ainsi que leur régression sous l'effet du prédateur. La note 0 correspond à l'absence totale de cochenilles,

tandis que la note 5 représente un encroûtement total.

- Evolution des populations de *P. blanchardi* au cours de l'année

Cette connaissance relative à l'hôte était indispensable à une bonne réalisation de l'opération.

Cette évolution a pu être suivie dans la parcelle Sadeck Landsary à In gall où le faible développement des coccinelles introduites ne l'a pas perturbée. (Fig. 3).

Deux maxima sont observables chaque année. Selon les années le plus important se présente entre Avril et Juin et l'autre, nettement de moindre amplitude entre Octobre et Décembre. Avec l'apparition des fortes chaleurs estivales, on observe une baisse importante des populations de *F. blanchardi* qui passent par un minimum entre juillet et parfois même jusqu'en Octobre.

- Efficacité prédatrice de *C. bipustulatus* var. *iranensis*

Cette efficacité a pu être mise en évidence dans la parcelle Barback à Alarses (fig. 4). Cette parcelle ayant reçu en permanence une très bonne irrigation avec des sous-cultures maraîchères ou céréalières en hiver, et fourragères en été, les populations du prédateur introduit se sont multipliées intensément par suite du maintien permanent de conditions favorables.

Tout au long de l'année 1973, le niveau des infestations n'a pas cessé de baisser. Elle tombe de la note 0,5 - 4 à 0,5.

La régression s'accroît en Août alors qu'habituellement elle a tendance à s'accroître. Cette évolution particulière est la conséquence de l'action prédatrice des coccinelles lâchées en juillet. De fortes proliférations peuvent être observées en juin, mais les fortes chaleurs entraîne une régression temporaire (juillet-Aout). Malgré cela, de 75 à 80% des palmiers sont porteurs d'importants foyers de multiplication (fig. 4 a). Il en résulte une infestation minimale (note 0,5) en Décembre. La période fraîche, le manque d'alimentation et la réapparition des hautes températures en Avril ont eu pour conséquence une diminution importante des populations de coccinelles et un accroissement de cochenilles, mais dès le mois de juin, la multiplication des prédateurs est de nouveau très intense. Tous les palmiers sont alors porteurs de nombreuses

coccinelles avec comme répercussion immédiate, un abaissement rapide de l'infestation jusqu'à la note 0,5.

Cette efficacité prédatrice est liée à l'existence ou à la création de "zones refuges estivales" (Tourneur et Huges - 1975). En effet, dans la parcelle Lansary à In-Gall, ces zones n'ont jamais existé et en deux ans, malgré trois lâchers successifs, les populations du prédateur ne se sont pas développées et aucun abaissement du degré d'infestation n'a été noté (fig. 3).

4) EXTENSION DES LACHERS DANS LE SECTEUR DE TABELOT

Dans le Tableau I sont portés les localités où furent lâchées des coccinelles. Dans la très grande majorité des cas, l'implantation a été réussie puisque plusieurs mois après il était possible de constater la présence de l'espèce et l'assainissement des palmiers. Toutes ces localités sont situées dans la partie Ouest de l'Air. A partir du début 1974, l'installation d'une petite implantation à Tabelot allait permettre l'extension dans la zone Est du massif montagneux, avec le concours financier du Conseil Oecuménique des Eglises (Church World Service).

Le premier travail fut le recensement des palmeraies avec notation de leur niveau d'infestation, de l'existence de sous-cultures pendant une partie de l'année, etc... Une palmeraie, située à proximité du village de Tabelot fut louée afin de pouvoir y poursuivre les observations périodiques.

C'est dans cette palmeraie que furent lâchées les premières coccinelles, en Août 1974. Ils se suivent à Tekarei, tout au long des bords Telewass, Afassas, Abardack et Nabaro, ainsi que dans les palmeraies situées sur le Mont Bagzans.

Dès Octobre, dans la parcelle de Tabelot, tous les palmiers étaient colonisés par les coccinelles. Beaucoup avaient émigré sur tous les palmiers environnants. Leur action était déjà visible. L'éloignement du secteur Est, la difficulté d'accès de certaines palmeraies n'ont pas permis un contrôle permanent de l'évolution des populations de coccinelle. Toutefois, il est possible de dire qu'elle fut à l'image de ce qui a été constaté ailleurs, à savoir la multiplication rapide et immédiate dans certains secteurs alors que dans d'autres les prédateurs n'ont pu que se maintenir.

5) EXTENSION DE L'INTERVENTION BIO-ECOLOGIQUE A LA REGION DU KACUAR, DJADO ET FACHI.

Après la réalisation des lachers de coccinelles dans les palmeraies de l'Est du massif montagneux de l'Aïr, il ne restait plus qu'un secteur non couvert par cette opération "Lutte Biologique". C'était celui des palmeraies situées au delà du désert du Ténéré, celles des régions du Kaouar, Djado et Fachi.

Une mission réalisée du 5 au 25 Mars 1974 avait pour but la préparation de cette extension. Les informations générales très succinctes sur les palmeraies de ce secteur, notamment sur leur degré d'infestation par la cochenille Parlatoria blanchardi rendait indispensable une telle prospection. En même temps, une enquête était menée sur le complexe agronomique de ce secteur.

Les chiffres recueillis indiquent une chute extrêmement importante du nombre de palmiers pendant ces 20 dernières années. Le dépeuplement humain de ces régions complètement isolées par 600 km d'un désert intégral la sécheresse dans toute la zone du Sahel qui en amenuisant très fortement les récoltes de mil, sorgho et autres plantes vivrières ne permettait plus l'acheminement de ces milliers de chameaux qui transportaient cette marchandise pour aller la troquer contre des dattes sont à inscrire parmi les causes de la régression de la culture du palmier-dattier.

Le maintien d'une production de datte est donc vital pour ces régions, non seulement parce qu'elle est pratiquement la seule richesse de ce pays, mais aussi parce que sans l'ombrage du palmier dattier, aucune production agricole n'est sans doute possible et en conséquence, aucune vie humaine ne pourrait s'y maintenir.

Tels sont les motivations de cette mission enquête.

Pratiquement, toutes les palmeraies de Bilma à Djado, puis celles de Fachi ont été visitées. Les infestations par Parlatoria blanchardi ont été observées et notées. Ce ravageur est présent partout, mais dans l'ensemble en faible à très faible quantité, excepté parfois en des petites zones très localisées.

A la fin de la mission, on pouvait conclure que le niveau de nuisibilité de la cochenille n'était atteint qu'exceptionnellement et qu'une intervention bio-écologique ne se justifiait pas.

Néanmoins 2.000 coccinelles avaient été emportées, un millier provenant de la quarantaine d'élevage de Nouakchott et mille encore obtenues d'élevage à Agadez.

Ces insectes ont été lâchés sur les quelques palmiers ou les infestations étaient plus élevées. Citons les palmeraies de Bilma, Chemidour, Mirkou, Achemouma, Seguedine et Fachi.

Il est probable que ces insectes ne survivront pas longtemps car les conditions ne sont pas favorables, excepté à Bilma et Chemidour où une certaine abondance de l'eau permet le maintien de sous-cultures très diverses, mais il est à prévoir que les coccinelle ne pourront s'y établir définitivement, car les infestations trop faibles ne permettront pas un taux suffisant de multiplication.

6) CONCLUSION .

Après quatre ans de travail réalisé au Niger, quel bilan peut-on en tirer?

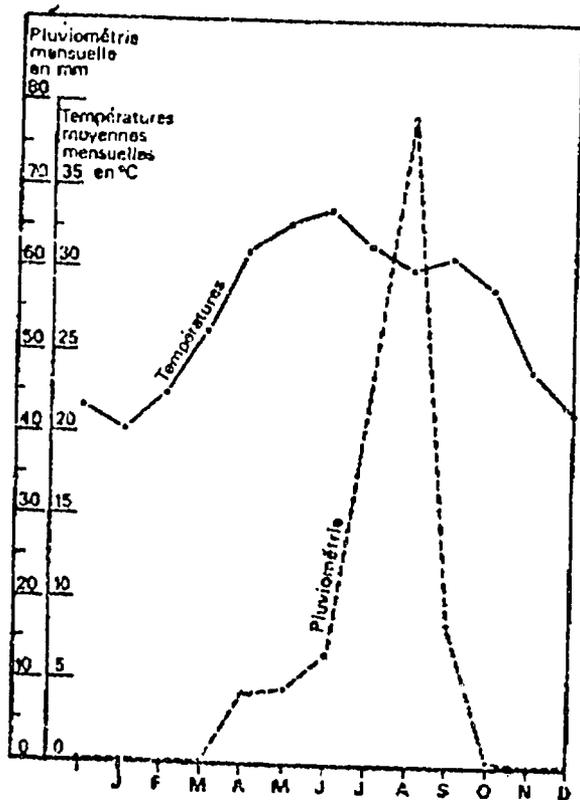
Bien qu'un ralentissement d'activité soit marqué, certaine période de l'année; Chilocorus bipustulatus var. iranensis survit aux dures conditions de la saison chaude. On peut maintenant affirmer que son introduction et son acclimatation sont pleinement réussies dans les régions d'In-Gall et l'Aïr, comme ce fut déjà le cas à Bilma dans la région du Kaouar, Djado et Fachi.

Dans tous les lieux où la coccinelle se maintient, le taux d'infestation de la cochenille a considérablement baissé et continue toujours à diminuer.

A ce jour, il ne faut nourrir aucun espoir quant à l'éradication complète du ravageur, mais l'efficacité prédatrice de la coccinelles est telle que lorsque des "zones refuges estivales" sont créées et maintenues, elle réduit la population du phytophage à un niveau voisin de 0,5. Ce nouvel équilibre "hôte-prédateur" semble stable. Dans certaines palmeraies de l'Aïr Nigerien, il se maintient ainsi depuis huit ans.

Par contre, si après l'assainissement de la parcelle par C. bipustulatus var. iranensis les "zones refuges estivales" ne sont pas maintenues la situation peut évoluer très rapidement en faveur de la cochenille, dès la disparition du prédateur.

Afin de faire face à une telle éventualité, il faudrait conserver en permanence, une ou deux parcelles très bien irriguées permettant à la coccinelle de se maintenir et de se multiplier chaque année, et de fournir éventuellement le matériel biologique indispensable si d'aventure le développement du ravageur et l'absence du prédateur introduit nécessitaient une nouvelle intervention bio-écologique.



AGADÈS	
Altitude (m).....	500
Nombre d'années d'observation.....	13
Température moyenne annuelle (°C).....	27,8
Moyenne des températures maximales journalières du mois le plus froid (°C).....	7,6
Température minimum absolue (°C).....	4,2
Moyenne des températures maximales journalières du mois le plus chaud (°C).....	42,5
Température maximum absolue (°C).....	45,3
Pluviométrie moyenne annuelle (mm).....	156,4



FIG. 1 • CLIMADIAGRAMME D'AGADÈS ÉTABLI SUR TREIZE ANS, DE 1958 À 1970.

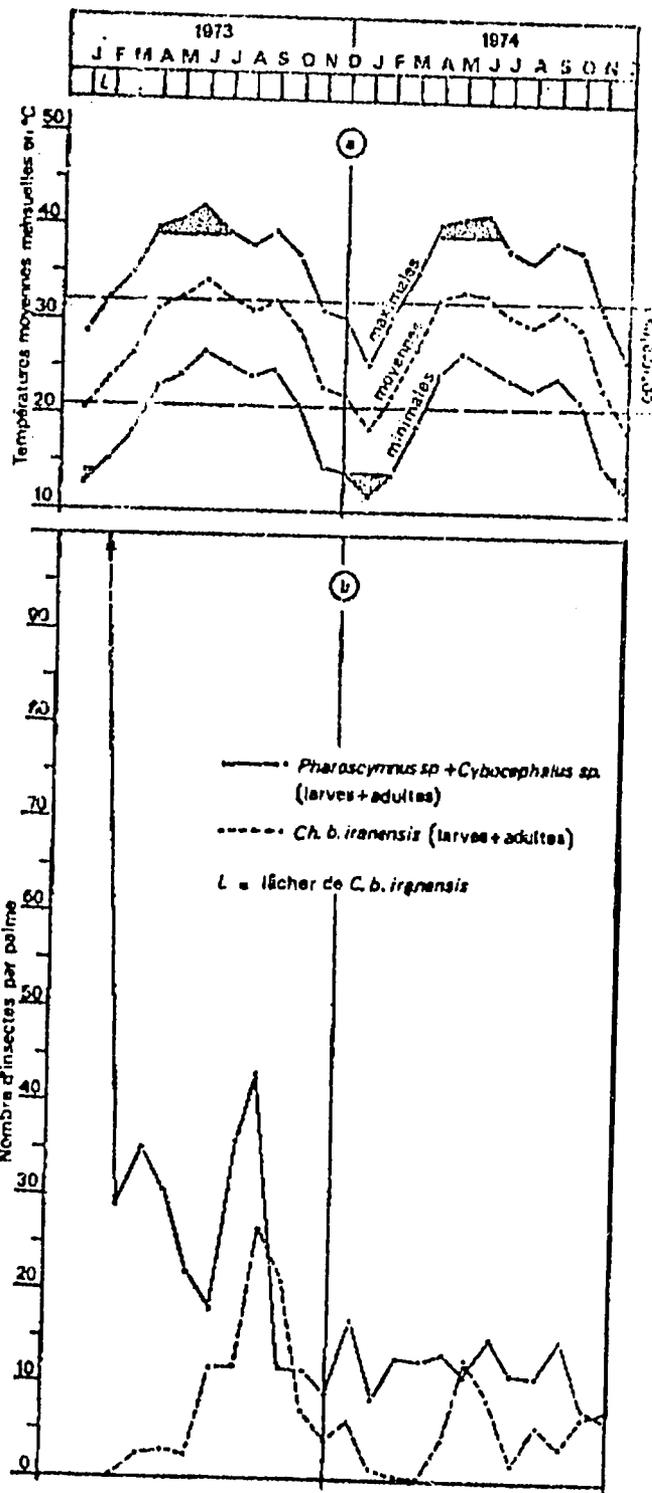


FIG. 2 • ACTIVITÉ DE CH. B. IRANENSIS COMPARÉE À CELLE DES PRÉDATEURS INDIGÈNES À AGADÈS.

TABLEAU n° 2

Evolution de l'acclimatation de C. bipustulatus var. iranensis, dans quelques points de lâchers suivis régulièrement dans l'Air nigérien.

Palmeraies	1973											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>PALMERAIE</u> <u>D'AGADES</u>												
Parcelles :												
Barbeck		L	P	P	↗	↗	↘	↗	↗	↘	↗	↗
Langoussoum							P	↗	↗	↘	↗	↘
F.A.N							P	↗	↗	↘	P	P
<u>PALMERAIE</u> <u>D'IN GALL</u>												
Parcelles :												
Sadeck Landsary		L	P	P	↗	↘	↘	↗	↘	D	L	↗
Ali Landsary		L	P	P	↗	↗	↘	↗	↘	D	L	↗

L: Lâcher d'adultes de C. bipustulatus var iranensis

P: Présence de " "

D: Disparition de " "

Maintien, augmentation,
et diminution
de la population
de C. bipustulatus
var. iranensis

TABLEAU n° 3

Evolution de l'acclimatation de C. bipustulatus var. iranensis, dans quelques points de lâchers suivis régulièrement dans l'Aïr nigérien.

Palmeraies	1974											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<u>PALMERAIE D'AGADES</u>												
Parcelles :												
Barbeck	↘	↗	↘	↘	→	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↘
Langoussoum	→	→	↗	→	↘	P	↗	↗	↗	↘	↘	↘
F.A.N	P	P	D									
<u>PALMERAIE D'IN GALL</u>												
Parcelles :												
Sadeck	↗	P	P	P	P	P	P	D				L
Landsary												
Ali	↗	↘	P	P	P	P	P	↗	↗	↘	↘	D
Landsary												

L: Lâcher d'adultes de C. bipustulatus var. iranensis

P: Présence de

D: Disparition de

Maintien, augmentation,
et diminution
de la population
de C. bipustulatus
var. iranensis

TABLEAU n° 4

Pourcentage de coccinelles adultes parasitées par Gregarina sp.

Coccinellidae observés	Décembre 1973 et Janvier-Février 1974	Mai 1974	Août 1974	Novembre 1974
<u>Chilocorus bipustulatus</u> var. <u>iranensis</u>	05	05	10	15
<u>Pharoscymnus anchorago</u> + <u>Ph. semiglobosus</u>	69	45	30	45
156 individus au total (répartis ainsi)	36	40	40	40

FIG. 5 • EFFICACITÉ PRÉDATRICE DE *CH. B. IRANENSIS*.
ASSAINISSEMENT DE LA PARCELLE BARBECK
À AGADÈS-AL ARSÈS.

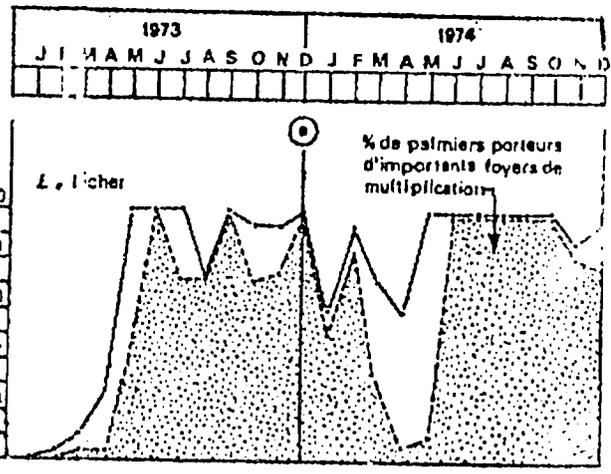
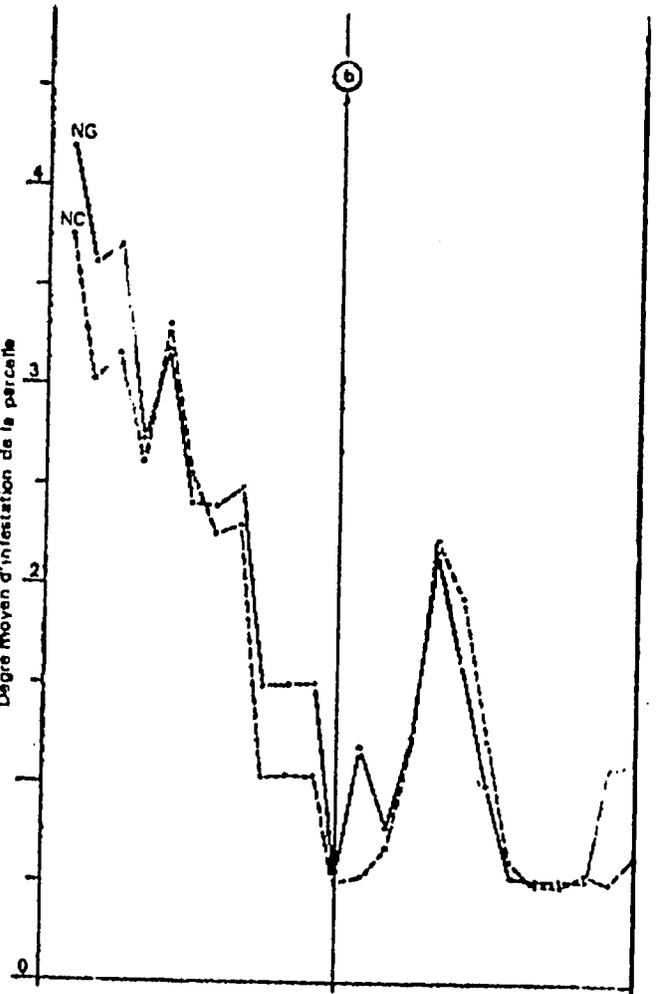
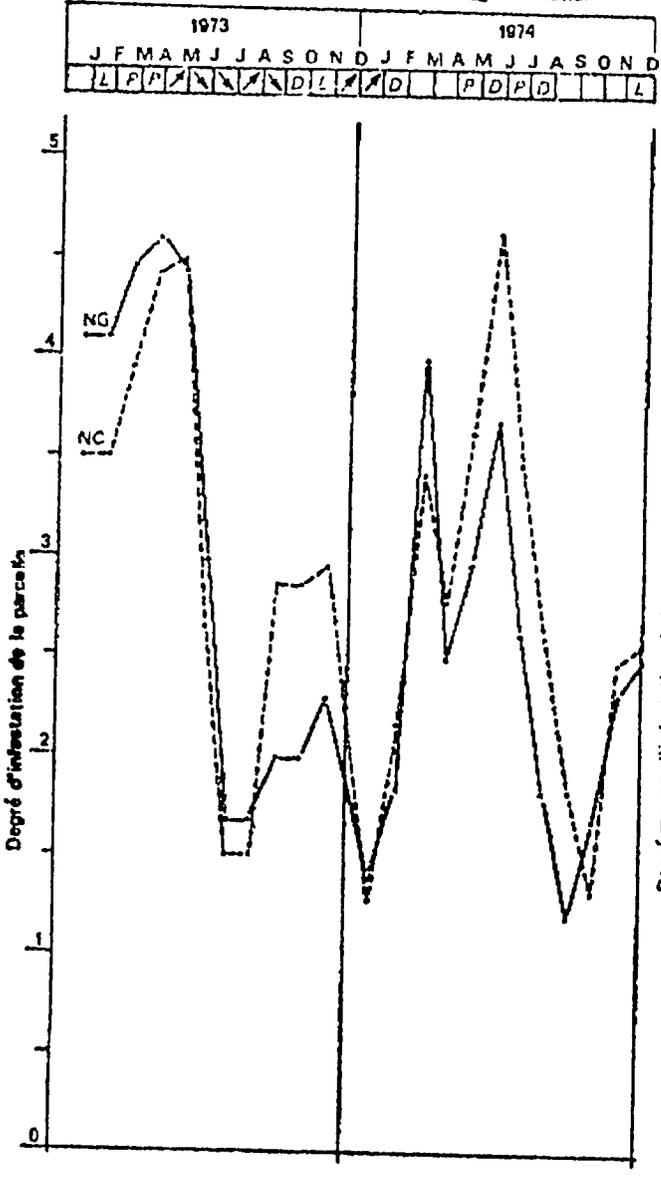


FIG. 4 • ÉVOLUTION DES POPULATIONS DE *PARLATORIA BLANCHARDI* À IN GALL. PARCELLE SADECK LANDSARY.
Population de *P. blanchardi* :
NG = note générale NC = note du coeur
Population de *Ch. b. iranensis* :
L = l'icher P = présence D = disparition
↗ augmentation → maintien ↘ diminution



Nombre de *Chilocorus bipustulatus iranicus* adultes lâchés
dans les diverses palmeraies de l'Alr, du Maour et de Djado, au Niger
(Chronologie des interventions)

Palmeraies	1973												1974												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Agades (Al Arses)		1.400																							
In Gall		2.600									400														6.10
Tabelot			450						400						115										
Irwalan							450																		
Tessalausalan									100																
Anali										200															
Tadeliza										250														1.000	60
Tifotikin										400															1.00
Maghas															100										
Iminabaro															250										
Ilialao															55									250	
Tchibirgan															60										
Ah-akh															30										
Istaiza															65										
Tagalet															55										
Birni															10							250			
Tekareif															25										
E B U															60										
Kwavila (Egzana)															25										
Elmeicoli															20							50			100
Ighalghaban															15							50			150
Dilas (toaro)																600									
Birkou (far)																70									
Gheridour																60									
Achenouma																1.100									
Aney																100									
Seguedine																100									
Djado																100									
Fachi																100									
Tadibagot																80									
Azouf															105										
Edodo																									300
Alaxen : golo																									250
Inchigdale																									300
Aljima																									1.000
Mabare																									300
Ataki																									300
Telavas																									200
Telavas																									200
Totaux		4000	450				450	500	850		400				290	2.290							350	250	3200

soit un total global de 22.300 insectes lâchés dont 6.000 introduits de Mauritanie.

LES POSSIBILITES DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES NEMATODES
PHYTOPARASITES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Georges REVERSAT

Laboratoire de Nématologie O.R.S.T.O.M
B.P. 1386 DAKAR/SENEGAL

1. INTRODUCTION: En matière d'introduction à cet exposé, il apparaît nécessaire d'une part d'élargir la définition actuellement retenue pour la lutte biologique, et, d'autre part, dans le contexte d'une réunion consacrée pour sa plus grande partie aux insectes ravageurs des cultures, de rappeler l'importance économique des nématodes phytoparasites en Afrique de l'Ouest.

- Lutte biologique : Depuis quelques années, le sens de cette expression s'est restreint aux méthodes utilisant l'hyperparasitisme, qui n'est pas impliqué par les sens des deux mots qui la composent. Dans le cadre d'une définition plus élargie, la lutte biologique devient donc l'ensemble des méthodes faisant appel à la biologie, permettant de protéger l'hôte en luttant contre le parasite. Ces méthodes se divisent en trois groupes selon qu'elles font appel à la biologie du parasite, de l'hôte ou d'un organisme tiers.

- Nématodes phytoparasites : D'une taille microscopique, vivant dans le sol, agissant au niveau des racines de la plante hôte, les nématodes phytoparasites sont évidemment bien moins connus, par l'agriculteur, que les insectes qui s'attaquent aux parties aériennes. De plus, la plante infestée, sauf de rares exceptions (galles), ne manifeste aucun symptôme spécifique.

La présence de nématodes ne peut alors être mise en évidence que par l'analyse d'échantillons de sol et de racines dans un laboratoire spécialisé. Le rôle pathogène des nématodes est révélé par des essais nématicides sur un terrain contaminé et confirmé par des inoculations expérimentales au laboratoire. Au Sénégal, en Côte d'Ivoire et en Haute Volta, la dénématisation chimique des sols permet de doubler le rendement de

certaines cultures comme l'arachide, le soja, les différentes plantes maraîchères, et le maïs fourrager et d'augmenter substantiellement les rendements du riz irrigué et de la canne à sucre. On ne possède pas actuellement de chiffres concernant l'incidence économique des nématodes dans les autres pays de l'Afrique de l'Ouest. L'ensemble des informations apportées dans cet exposé provient essentiellement des travaux effectués depuis 1955 par le département de Nématologie de l'ORSTOM, qui a un laboratoire à Dakar et un autre à Abidjan.

2. METHODES DE LUTTE FAISANT APPEL A LA BIOLOGIE DU NEMATODE

La méthode principale est la jachère nue (désherbée), basée sur deux propriétés biologiques des nématodes phytoparasites:

- La longévité des stades infestants est limitée à quelques semaines par la quantité des réserves nutritives endogènes nécessaires au métabolisme;
- Ces animaux, strictement phytoparasites, ne peuvent renouveler leurs réserves, ou poursuivre leur cycle, que sur une plante vivante, qu'il s'agisse de la plante hôte habituelle ou d'une plante adventice (d'où la nécessité du désherbage).

Avantages : Cette méthode est très efficace pour certains nématodes, comme Scutellonema cavenessi parasite de l'arachide au Sénégal. - Son coût correspond à celui de la main-d'oeuvre ou du produit nécessaire au désherbage. - La jachère fait partie des recommandations déjà préconisées par l'ISRA pour les surfaces arachidières (JAMA), il suffit d'y adjoindre le désherbage.

Inconvénients: Cette méthode n'est efficace que si l'on est sûr que le sol n'abrite pas de racines de plantes pérennes voisines susceptibles de servir de réservoir de nématodes (cas des arbres brise vent pour les nématodes du genre Meloidogyne, parasites des cultures maraîchères). - Si les conditions écologiques du moment n'induisent pas une quiescence du nématode, qui suspend son métabolisme et prolonge sa survie.

Par ailleurs, en milieu paysan, il peut être difficile de faire admettre le désherbage d'une parcelle qui ne sera productive que l'année suivante.

Une autre méthode est en cours d'étude à Dakar, basée sur l'attraction qu'exercent les racines des plantes hôtes sur les nématodes phytoparasites. On s'efforce actuellement de préciser le déterminisme de cette attraction de façon à pouvoir le perturber par des méthodes qui restent à préciser.

3. METHODES DE LUTTE FAISANT APPEL A LA BIOLOGIE DE LA PLANTE HOTE

La méthode principale consiste à utiliser des plantes résistantes. Dans le cas des nématodes, la nutrition sur les racines de l'hôte se fait, selon les espèces, soit de façon simple, par succion du contenu cellulaire, soit de façon plus complexe après injection de salive qui colonise et transforme le contenu de quelques cellules contiguës de la racine. Le produit de cette digestion extracorporelle est ensuite absorbé. Dans certains cas l'adéquation est parfaite, il y a nutrition et développement du parasite: la plante est sensible. Dans d'autres cas, une incompatibilité se manifeste, le nématode ne peut se nourrir et meurt: la plante est résistante. la sélection variétale de telles plantes est l'un des moyens les plus élégants pour lutter contre les nématodes du genre Meloidogyne, parasites des cultures maraîchères. Parmi les mécanismes biochimiques reconnus de cette résistance, citons le cas de la présence, dans la salive du nématode, d'une enzyme du groupe des hydrolases, et celle, dans les cellules de l'hôte résistant, d'un glycoside. L'hydrolase coupe le glycoside, libère sa partie toxique qui tue la cellule végétale et le nématode.

Les plantes résistantes peuvent être productives (Tomates Rossol résistantes à Meloidogyne) ou bien être utilisées comme plantes pièges permettant de nettoyer un terrain (cas de l'arachide pour Meloidogyne utilisée en engrais vert).

Les avantages de cette méthode sont considérables, mais elle présente néanmoins quelques inconvénients:

- Certaines races de nématodes peuvent apparaître, surtout après un usage prolongé de ces variétés résistantes, capables de se développer sur ces plantes: on dit que la résistance est brisée, ces races de nématodes sont appelées races B (de to break briser). Dans la perspective du mécanisme de résistance évoqué plus haut, la race B correspond à un mutant qui ne synthétiserait plus l'hydrolase.
- Certaines variétés résistantes, sélectionnées dans les pays tempérés, deviennent sensibles lorsqu'elles sont introduites en milieu tropical.
- Pour certaines cultures, il n'a pas été possible de trouver des variétés résistantes à leurs principaux nématodes parasites (cas du riz irrigué vis-à-vis des nématodes du genre Hirschmanniella)

4. METHODES FAISANT APPEL A LA BIOLOGIE D'UN ORGANISME TIERS.

- Prédateurs et parasites: Des champignons du sol du genre Arthrobotrys sont capables à l'aide de cellules spécialisées en forme d'anneaux d'attirer, de capturer, de tuer, puis de digérer les stades infestants de nématodes tels que Meloidogyne. Par ailleurs ces mêmes nématodes sont susceptibles d'être infectés par un parasite interne, Bacillus penetrans qui les rend impropres à la reproduction. Au cours d'une étude effectuée dans les périmètres maraîchers de la région de Dakar, la présence de ces deux organismes a été trouvée dans la plupart des échantillons, ce qui n'empêche pas l'infestation de ces sols par Meloidogyne: leur activité est donc insuffisante. L'essai d'introduction au Sénégal d'un champignon prédateur de nématodes, commercialisé avec succès en France s'est soldé par un échec: le champignon ne semble pas avoir réussi à s'établir dans le sol. Dans ce cas peut être vraisemblablement incriminée une inadaptation des conditions écologiques locales vis-à-vis d'un organisme sélectionné en zone tempérée: température, pH et teneur du sol en matière organique.

- Symbiontes: Très récemment des chercheurs ont signalé que l'inoculation de racines de tomate et de cotonnier par des mycorhizes diminuait considérablement la pénétration de ces racines par les nématodes du genre Rotylenchulus.

- Bactéries sulfatoréductrices : Certaines bactéries anaérobies du genre Desulfovibrio, présentes dans le sol des rizières inondées au Sénégal et en Côte d'Ivoire, produisent des sulfures solubles, toxiques pour les nématodes parasites du riz du genre Hirschmanniella. Cette production peut être augmentée par l'addition judicieuse d'engrais soufrés. Ces sulfures étant également toxiques pour le riz, il convient d'effectuer cette opération au cours de l'intercampagne rizicole.

Par ailleurs une bonne maîtrise de l'eau est indispensable pour récupérer la rizière après l'opération. La mise au point des modalités pratiques pour la vulgarisation de cette technique est en cours dans le laboratoire de Biologie des Sols de Dakar.

- Plantes toxiques : Les racines de Tagetes patula (oeillet d'Inde) excrètent dans le sol des substances toxiques pour les nématodes, apparentées au gaz moutarde. Il suffit de les inclure dans une rotation culturale. Certaines parties du neem (Azadirachta indica) contiennent des principes nématicides: Feuilles, fruits. Leur incorporation au sol semble permettre, d'après des chercheurs de l'Inde et du Nigéria, une diminution des populations de nématodes du sol. Des expériences préliminaires sur ce sujet sont en cours au Sénégal.

5. CONCLUSION

Efficacité: Les méthodes de lutte biologique contre les nématodes peuvent soit se suffire à elles mêmes (plante résistante, jachère) soit servir d'appoint en permettant de ralentir les réinfestations après un traitement chimique. Dans cette dernière perspective, elles permettent de diminuer la charge financière représentée par les traitements chimiques.

Applicabilité: La difficulté principale de ces méthodes réside principalement au niveau de leur insertion dans la pratique agricole en milieu paysan. On peut néanmoins compter sur l'aspect attractif exercé par leur faible coût. L'insertion serait sans doute facilitée si les encadreurs pouvaient acquérir une connaissance plus complète des contraintes qui pèsent sur les cultures: nématodes et autres.

Autres pathogènes du sol: Ce qui a été dit pour les nématodes à propos de la lutte biologique aurait pu être également traité pour d'autres organismes pathogènes du sol: bactéries, virus, champignons. Il semblerait souhaitable que le premier acte de la lutte intégrée consiste à identifier la totalité des agents pathogènes qui menacent une culture.

AU CAP-VERT

Carlos Brito

Ayant considéré l'isolation géographique, la distance entre les îles de l'archipel, et spécialement la fragilité de l'agrosystème causée par la variation drastique du sol et de la pluie, le département pour la protection des cultures du Ministère du Développement Rural a développé un plan de lutte intégrée. Plusieurs organisations internationales (GTZ, FAO, USAID, ORSTOM etc) se sont joints à nous dans l'effort d'augmenter substantiellement la production de la nourriture de base sans pour autant polluer l'environnement ou vit plus de 295.000 Cap-Verdiens

Les mesures suivantes sont envisagées ou sont en cours d'exécution:

1. La lutte biologique: Les principaux parasites des cultures ont été introduits au Cap-Vert sans leurs ennemis naturels. Les parasites et les prédateurs qui attaquent actuellement les ravageurs des récoltes au Cap-Vert sont présentés au Tableau no. I Aux parasites suivants ont été accordés la priorité dans les programmes de nouvelles libérations ou manèment de la population.

a. le papillon du chou (Plutella xylostella) .

Un contrat de trois ans a été signé avec l'Institut du Commonwealth pour la lutte biologique avec lequel le CIBC fournira des parasites tels que Apanteles plutellae et Tetrastichus sokowskii, de même que la formation des chefs de secteurs en matière de manipulation biologique. Le département pour la protection des cultures a un grand intérêt en introduisant du Sénégal l'Apanteles litae Operculellae ou jusqu'à 50% le parasétisme du papillon du chou a été observé dans les mois d'Avril et de Mai (L. Bourdouxhe, Station Horticulturelle de Cambérène). La pulvérisation du Bacillus thuringiensis nous indique une promesse pour la lutte contre ce parasite, spécialement lorsqu'il est utilisé comme un complément à l'action des parasites, et à cause de son utilité contre les larves des autres espèces lépidoptères.

2. La lutte intégrée:

L'orientation générale du service de la protection des plantes est guidée vers le développement de la lutte intégrée contre les ravageurs suivants:

- a. Les sauterelles, comprenant Oedalus senegalensis, Catantops auxillaris, Pseudosphingonatus Savignyi. Les études écologiques de ces espèces permettront l'amélioration des méthodes de lutte actuelle, qui comprennent les appâts toxiques et les insecticides.
- b. Le charençon de la patate, Cylas puncticollis. Nous espérons augmenter la production par hectare en mettant en pratique de bonnes méthodes de culture (hygiène agricole, désinfestation du matériel reproductif) et trouver des variétés résistantes aux ravageurs.
- c. La mouche des fruits, Dacus frontalis - Un plan intensif de travail a été développé pour étudier la distribution, la biologie, l'écologie, et le dynamisme de la population des ravageurs aussi bien que l'agronome des hôtes les plus importants, Curcubita pepo avec le but générique de lutter contre ces parasites.
- d. La mouche blanche, Bemisia tabaci. Cet aleurodid, comme vecteur du (T Y L C V) a causé d'énormes pertes dans la culture de la tomate. Des résultats satisfaisants ont été obtenus grâce à des mesures de protection mécanique des jeunes plants, l'application stricte des pesticides durant les premières semaines de croissance a amélioré les pratiques culturales, le tout en conjonction avec l'utilisation des variétés résistantes.
- e. Millipèdes, Spinotatus sp. Ce ravageur fécond qui a été récemment introduit dans l'île de Santo Antao est devenu un dévastateur des tubercules de pomme de terre, de patate, de manioc, et de fruits mûrs lorsqu'ils sont en contact avec le sol. La culture hygiénique, le traitement des graines avec des insecticides, les appâts toxiques ont réussi à diminué le problème.

ENTOMOPHAGE FAMILLEHOTE/PROIEPLANTE HOTE

<u>ENTOMOPHAGE FAMILLE</u>	<u>HOTE/PROIE</u>	<u>PLANTE HOTE</u>
1. <u>Aphytis diaspidis</u> (Aphelinidae)	<u>Aonidiomytilus albus</u> (homoptera)	Manioc , Acacia (Parkinsonia aculeata)
2. <u>Arrenophagus chionaspidis</u> (Aphelinidae)	<u>Pinnaspis strachani</u> (homoptera)	Manioc, Pois cajan
3. <u>Encarsia tricolor</u> (Aphelinidae)	<u>Bemisia tabaci</u> (homoptera)	Tomate, haricot, Concombre, combres, tabac
4. <u>Eretmocerus mundus</u> (Aphelinidae)	<u>B. tabaci</u>	" " " "
5. <u>Coccophagus rusti</u> (Aphelinidae)	<u>Saissetia sp.</u>	Vigne (Santo Antao)
6. <u>Prospaltella sp</u> (Aphelinidae)	"	" " "
7. <u>Habrolepis opugnati</u>	"	" " "
8. <u>Stenomesus japonicus</u> (Branconidae)	<u>Cosmopterix sp.</u> (Lepidoptera)	Haricot, <u>Dolichos</u>
9. <u>Lysiphlebus sp.</u> (Braconidae)	<u>Brevicoryne brassicae</u> (Homoptera)	" "
10. <u>Diaretiella rapae</u>	"	" "
11. <u>Trissolcus basal</u>	<u>Nezara viridula</u> (Heteroptera)	Mais, Haricot, Acacia
12. <u>Bracon sp.</u> (Braconidae)	<u>Etiella zinckenella</u> (Lepidoptera)	Pois Cajan
13. <u>Coccinella 7-punctata</u> (Coccinellidae)	<u>Aphis craccivora</u>	Dolichos Labab
14. <u>Rodolia cardinalis</u> (Coccinellidae)	<u>Icerya purchasi</u>	Pois cajan, Citron

237A

15.	<u>Chilocorus nigritus</u>	<u>Coccus viridis</u>	Citron, café
16.	<u>Pharoseymnus exiguus</u> (Coccinellidae)	<u>A. albus</u>	Manioc
17.	<u>Soymnus posticus</u> (coccinellidae)	Aphidoidea	Maïs, haricot. W.W.
18.	<u>Cybocephalus nitens</u> (Nitidulidae)	<u>A. albus</u>	Manioc
19.	<u>Ischiodon aegypticum</u> (Syrphidae)	<u>Aphidoidea</u>	Maïs, Haricot
20.	<u>Chrysopa plagata</u> (Chrysopidae)	<u>Coccus spp.</u> , Aphidoidea	Citron
21.	<u>Polistes sp.</u> (Vespidae)	<u>Chrysodeixis chalcites</u>	
22.	<u>Feltiella sp.</u> (Cecidomyiidae)	<u>Tetranychus spp.</u>	Haricots
23.	<u>Exochomus nigripennis</u> (Coccinellidae)	<u>Coccus viridis</u>	Café, Citron
24.	<u>Nematoscelis filipes Woll.</u>	<u>Tetranychus spp.</u>	Manioc
25.	<u>Amblyseius fallaxis</u> (Phytoseidae)	<u>Tetranychus cinnabarinus</u> , T. urticae	Pois cajan, haricot
26.	<u>Iphiseius degenerans</u> (Aoarina)	<u>Tetranychus spp.</u>	Papaye
27.	N.N. (Einerasit, Hymenoptera)	<u>Papilio demococus</u>	Citron
28.	N.N. 1 (Hymenoptera)	<u>Coccus hesperidum</u>	Citron (orange)
29.	N.N. 2 (" ")	"	" "
30.	N.N. 1 (Lepidoptera)	<u>Coccus viridis</u>	Citron, Café

237-b

237 31.	N.N. (Stephilimidae)	<u>T. Cinnabarinus</u>	Haricots
32.	N.N. (Formicidae)	<u>Plutella xylostella</u>	"
33.	Cephalosporium lecanii (Deuteromycete)	<u>Coccus viridis</u>	Café, Citron
34.	<u>Halcyon leucocephala</u> (Nauberlacher Vogel)	<u>Oedaleus senegalensis,</u> C. chalcitae; Kleine Mause	" "

237-C

LES ETAPES VERS LE SUCCES

John J. Drea, Jr.

Encadrement du Programme National de Recherche Agronomique

Administration pour La Science et l'Education'

Agence des Etats-Unis pour l'Agriculture

Belstville, Maryland

A présenter pour le Projet de l'USAID de Protection de Protection des
Cultures Vivrières dans le Sahel

Conférence Internationale sur la Lutte Biologique contre les Parasites
et sa Potentialité en Afrique de l'Ouest.

Dakar, Sénégal 9-13 février 1981

LES ETAPES VERS LE SUCCES

Lorsque pour la première fois, je fus choisi pour ce sujet, j'ai considéré ce choix comme étant quelque peu audacieux. Cependant, après y avoir bien réfléchi, je me suis rendu compte qu'il n'était pas du tout audacieux.

L'histoire de la lutte biologique a montré que si nous suivons une certaine voie, nous aboutirons au succès même si cela ne puisse pas être d'une importance à laquelle on s'attendait.

Avec le commerce grandissant et international des produits agricoles, les transports aériens entre les pays, l'accroissement du tourisme et l'ouverture générale des frontières à travers le Monde, le danger que constitue l'introduction d'un parasite exotique dans une nouvelle région est alarmant. Les infrastructures d'interception des parasites sont souvent insuffisantes ou n'existent pas à cause des restrictions financières ou du manque de personnel qualifié. En outre, les restrictions les plus rigoureuses ne sont pas plus que source de retard si les pays voisins n'ont pas des restrictions similaires. Les frontières politiques n'empêchent pas les invasions de parasites.

Ces invasions opposée à nos besoins de plus en plus croissant de nos ressources alimentaires, exigent que l'on intervienne avec succès contre les parasites, et ce, dans les limites financières du pays concernée. Cela ne vous est pas nouveau. Vous avez affronté ce problème depuis des années, et vous savez bien d'ailleurs, que la solution n'est pas facile. C'est déjà une tâche énorme que d'accroître la production alimentaire au jour et à mesure que la population grandit. Toutefois cela est un devoir. D'une manière ou d'une autre, il doit y avoir de la nourriture disponible pour ces gens qui travaillent dur et qui reçoivent si peu en retour.

Cette conférence a pour sujet "la lutte biologique contre les parasites, et sa potentialité en Afrique de l'Ouest". Lors de ces derniers jours, nous avons étudié, en détail, des programmes issus de différents pays du monde. Nous avons également examiné la pléthore de laboratoires à travers le monde et qui sont consacrés à la recherche en matière de lutte biologique. Il y a eu, selon moi, suffisamment d'exemples satisfaisants de lutte biologique pour garantir une sérieuse considération à cette méthode qu'est la lutte biologique et de la manière dont elle pourrait être utilisée en Afrique de l'Ouest.

Maintenant nous allons considérer les étapes à suivre pour créer un projet de lutte biologique. Lorsqu'un organisme est reconnu comme faisant partie d'une espèce de parasite, que doit on faire pour lutter contre lui en utilisant les ennemis naturels de ce dernier.

Il existe tout un amalgame de procédures à suivre pour constituer un programme de lutte biologique centré sur un parasite particulier. Ces procédures varieront tant soit peu selon l'espèce à laquelle appartient le parasite, les connaissances que nous possédons sur lui et ses ennemis naturels, l'étendue de la recherche dont il fait l'objet dans les pays limitrophes ou dans d'autres régions du monde, sans oublier les limites inhérentes au personnel qualifié et aux fonds disponibles.

1. IDENTIFICATION DU PARASITE: Cette partie est fondamentale pour ce qui est de tout programme de recherche relatif à la lutte biologique. Tout ce qui suit dépend de l'exactitude de la procédure d'identification. Des identifications incorrectes peuvent provoquer des pertes de temps et d'argent et peuvent mener à des prospections dans la région pas appropriée. Par exemple, j'ai personnellement passé plusieurs mois en Iran à travailler sur une plante que nous croyions être d'une seule espèce alors qu'elle avait été mal identifiée. L'espèce ne fut pas trouvée en Iran; Ainsi on devait aller au Maroc poursuivre les recherches et c'est là que la présence de l'espèce avait été signalée. Cependant, nous avons déjà perdu à cette heure énormément de temps, d'énergie et de fonds.

Il n'est pas possible de surestimer le besoin d'une identification exacte de l'espèce à laquelle appartient le parasite pendant la période initiale d'un projet. Par la suite, étant donné que les ennemis naturels ne sont pas concernés pendant le projet, leur identification exacte sera également fondamentale.

2. Assemblage et Evaluation des informations et planifications préliminaires

a. Répartition géographique des différentes espèces de parasites. Il est nécessaire de déterminer l'origine de l'organisme concerné ou du moins déterminer la répartition du genre auquel il appartient. L'on peut fréquemment obtenir cette information à partir des spécialistes en taxonomie du groupe et qui pourront faire une recherche dans la littérature existante, en examinant des spécimens de museum ou à partir d'information sur les routes d'échanges ou alors en étudiant la répartition de la plante-hôte elle-même, ou en ayant recours aux informations climatiques.

b. Résolution de tout conflit d'Intérêt. Des fois un organisme sera considéré comme un parasite par certains et comme utile par d'autres. Cela est fréquent lorsqu'une plante est à l'étude comme devant constituer l'objectif d'un projet de lutte biologique. Par exemple, quelques plantes de zones de parcours sont reconnues comme parasites pour l'industrie du bétail à cause de leurs propriétés toxiques. Cependant, ces mêmes

plantes peuvent être d'une importance considérable pour l'industrie du miel en ce sens qu'elles constituent un aliment pour abeilles; elles peuvent également être extrêmement importante pour les écologistes, de par leur utilité envers les animaux et oiseaux. Ces conflits peuvent être résolus, probablement grâce à des compensations financières ou à des changements dans les pratiques agricoles. Quelquefois, les craintes de conflit sont sans fondement, d'autres fois, elles sont légitimes et peuvent être un obstacle sérieux pour un projet particulier. La manière dont cela sera résolu dépendra des lois et coutumes du pays concerné.

c. Localisation des sources potentielles d'ennemis naturels désirés. L'on peut obtenir un approvisionnement adéquat de l'organisme désiré des scientifiques (individuellement) des laboratoires de recherche, des universités et des institutions gouvernementales. Cela éliminera le recours à une exploration étrangère, purification et la plupart des phases préliminaires à la libération et à l'évaluation. Ces informations peuvent être obtenues avec le concours de laboratoires de recherche internationalement connus, d'organisations telles que l'Institut de l'Utte Biologique du Commonwealth, l'INRA, l'IITA, d'autres instituts tropicaux et grâce également à des spécialistes dans les branches particulières de recherche.

d. Evaluation de la possibilité de lutte grâce aux ennemis naturels:
Je pense que cette évaluation devrait être pratiquée plus souvent et d'une manière plus détaillée en matière de lutte biologique. Si l'on considère les projets ayant trait - la lutte contre les mauvaises herbes, on se rend compte qu'il y a eu plus d'effort dans ce sens que ce qui a été fait pour des projets relatifs aux parasites arthropodes. Une estimation est essentielle avant d'entamer un projet. L'on doit déterminer si des finances appropriées seront disponibles pour couvrir un projet sur une grande période souvent 8 à 10 ans ou même plus, car les projets relatifs à la lutte biologique sont habituellement à long terme. Egalement l'on doit se demander si les pratiques de lutte actuelles en ce qui concerne d'autres parasites vont à l'encontre des bénéfices obtenus à partir de l'introduction d'un organisme défini? Il est inutile d'introduire un insecte bénéfique pour lutter contre un parasite si une campagne de lutte contre un autre parasite devrait éliminer les insectes bénéfiques ou réduire son efficacité.

Un autre facteur à examiner est le niveau de dégât qui puisse être acceptable lorsque l'on évalue la réussite d'un projet particulier. Par exemple, une population de parasites au niveau d'une culture fourragère telle que la luzerne ne nécessite pas d'être réduite à un niveau très bas pour que l'on puisse dire qu'un projet a réussi. Ce genre de culture peut en effet supporter des dommages considérables mais la production peut-être toujours économiquement acceptable. Cependant, la population d'un parasite qui s'attaque à un fruit comestible ou à des légumes qui sont à haute rentabilité, devra en revanche être réduite à un niveau très bas pour que le projet soit hautement satisfaisant. De la même manière, , le degré d'infestation d'une cochenille qui sera

permis pour l'industrie du citron et destinée à l'exportation est relativement plus bas que lorsqu'il s'agit de citrons alloués à la consommation locale.

Il est particulièrement important pour des pays qui ont adopté un programme de lutte biologique de choisir soigneusement le parasite qui doit être l'objet d'un projet de recherche. Les potentialités de réussite doivent être élevées. L'échec d'un projet nouveau rendu habituellement plus difficile l'obtention d'un support financier pour de futurs programmes. Il est plus identique de démontrer la factibilité de la lutte biologique au moyen d'un parasite mineur que d'essayer quelque chose de grandiose et manquer d'obtenir les résultats désirés. Par conséquent, une estimation préliminaire des potentialités d'un projet est très importante. Cela est particulièrement important s'il s'agit d'un premier projet pour un pays. Un échec peut ruiner plus qu'un projet. Il peut en effet condamner tout un programme.

3. Exploration Etrangère: Une fois que les informations préliminaires ont été réunies et examinées et qu'il a été décidé de continuer le projet, alors le travail sur le terrain à proprement parler peut enfin commencer. Cependant, avant de s'embarquer, il y a d'autres éléments qui doivent être étudiés. D'abord, un prospecteur qualifié doit être choisi. La personne en question doit posséder un certain niveau d'expertise ou de formation en matière de lutte biologique ou d'écologie. En outre, il doit être décidé si le prospecteur devra tourner pour une longue période ou alors essayer d'accomplir ses recherches en un ou plusieurs brefs voyages. S'il existe seulement un organisme pour objectif, un bref voyage unique sera suffisant, pourvu évidemment que tout se passe comme prévu. Il devra également être établi précisément le lieu et le moment de l'année où il devra voyager. A supposer que cela ait été fait, les démarches suivantes seront les dispositions diplomatiques et officielles nécessaires.

Habituellement, les instituts et les spécialistes scientifiques sont contactés pour aider à obtenir les transports au niveau local, ainsi que les facilités de travail. Il est souvent nécessaire d'engager le personnel local du pays à prospecter.

Lorsque les contacts nécessaires ont été faits et que les questions administratives ont été réglées, alors le prospecteur doit sélectionner l'équipement et les fournitures nécessaires. Van Den Bosch (1969) a dressé une liste des besoins de l'explorateur moyen pour des prospections à court terme et des voyages de collection (de plantes). Les fournitures et équipements à utiliser seront déterminés en fonction de l'organisme en question et la région à explorer. Beaucoup plus de matériel sera nécessaire pour l'obtention d'ennemis naturels d'un parasite vivant sur les mauvaises herbes d'un pays tropical comme le Brésil qu'il ne sera nécessaire pour des parasites d'une cochenille vivant dans le Sud de la France.

A cause de la complexité du travail d'exploration et de prospection à proprement parler, je n'essaierai pas de donner plus de détail sur ce sujet.

Cependant, ce travail nécessite une personne obstinée et douée de facilités d'adaptation et qui en outre, soit désireuse de travailler dans toutes les conditions. Avec un certain niveau d'expérience en matière de lutte biologique et une bonne connaissance de l'organisme visé, l'explorateur a de bonnes chances de succès.

4. Manipulation des ennemis naturels obtenus une fois que l'explorateur a découvert les ennemis naturels qui s'attaquent au parasite visé, les procédures à suivre dépendent, dans une grande partie, des réglementations en matière d'importation, de quarantaine et des structures de quarantaine existant dans son propre pays.

L'explorateur peut disposer de parasites sur le terrain même, et attendre qu'ils émergent. Dans ce cas, on sépare les espèces désirées de celles qui ne le sont pas, au niveau de la station expérimentale. Seules les espèces bénéfiques sont transportées vers la station de réception. Une autre technique consiste à assembler et à transporter les insectes hôtes infestés de parasites vers les stations de quarantaine du pays du prospecteur où le matériel est conservé jusqu'à l'émergence des parasites.

Les prédateurs sont habituellement transportés directement vers les stations de réception de quarantaine où ils seront maintenus et examinés et tout matériel indésirable sera éliminé.

Heureusement, certains groupes de genre et familles sont toujours des parasites primaires et en tant que tels, ils représentent donc un minimum de danger. Là encore, des déterminations taxonomiques correctes sont essentielles.

Ces espèces peuvent habituellement être libérés directement sur le terrain et cette opération nécessite peu ou pas d'études en laboratoire sauf ce qui est nécessaire pour éliminer d'éventuels hyperparasites. Cependant, les insectes phytophages présentent un problème plus difficile. Avant qu'ils ne soient libérés avec toute sûreté sur le terrain, il est nécessaire de procéder à des recherches plus détaillées et à long terme y compris des tests intensifs de protection et des études portant sur toute la gamme des hôtes de ces insectes. Evidemment, cela ne peut pas être fait pendant une courte tournée de prospection. Par conséquent, cela doit être fait soit dans le pays où le phytophage a été découvert, soit selon les procédures de quarantaine les plus strictes appliquées par le pays importateur. Ce dernier choix peut comporter un risque calculé qui peut donc être évité dans la mesure du possible. On doit comparer ce risque avec la nécessité de lutter contre le parasite. Une solution peut consister à établir une station expérimentale temporaire dans le pays d'origine des phytophages, pour la passation de la plupart des tests préliminaires de protection.

A cause des coûts élevés relatifs à cette dernière méthode, cela doit être pris en considération lors de l'évaluation préliminaire du projet.

Je suggérerais, à cause de ces problèmes de quarantaine, que l'on donne la priorité aux projets dont on peut venir à bout avec un minimum de tests faits à l'étranger. Cela demanderait encore du personnel, de la formation,

de l'orientation, ou et de l'établissement d'institutions appropriées. Cela permettrait néanmoins à un pays de faire des travaux appliqués à la lutte biologique dans un délai minimum.

5. Transport des organismes bénéfiques:

Bien que toute partie d'un projet soit fondamentale, le transport des organismes bénéfiques constitue cependant une phase critique de l'opération. Les organismes bénéfiques doivent être reçus vivants et en bonne santé au niveau de la station de réception ou alors le projet tout entier sera un échec. Les parasites semblent être résistants et capables de suivre dans les conditions les plus difficiles; en revanche, leurs ennemis naturels sont souvent minuscules et fragiles et leur survie nécessite des conditions très particulières. En utilisant les techniques décrites par Bolott et Drea (1980), la plupart des groupes appartenant aux Arthropodes peuvent être transportés sur de longues distances avec un minimum de pertes.

Mon expérience personnelle m'a démontré que l'avion constitue le transport le plus sûr. Même si de nombreux ennemis naturels ont des stades dans leur développement qui leur permettront sur de longues périodes de voyage, il est à remarquer que ce sont les conditions extérieures chaleur et froid, qui, lors d'un transport, sont nocives pour les organismes. Par conséquent, la formule est d'exposer les organismes bénéfiques au minimum de durée de transport possible. En Afrique, la chaleur constituerait un facteur primordial. Il serait donc nécessaire d'assurer une action rapide au niveau des endroits des entrées et sortie tels que les services de fret, de douanes et de quarantaine. Les retards dus à la lenteur bureaucratique dans ces endroits doivent être réduits au minimum.

6. Institutions et procédures de quarantaine:

Si un pays décide d'entreprendre des recherches en matière de lutte biologique et ce, sur une base permanente, alors les autorités de ce pays doivent sérieusement considérer l'établissement d'institutions adéquates de quarantaine ainsi que la formation d'un personnel pour diriger ces institutions. Si un programme de lutte biologique doit être réduit à l'obtention d'organismes bénéfiques spécifiques et connus, à partir de sources compétentes, alors la mesure de quarantaine est d'importance mineure. Dans le cas contraire, le pays en question doit entreprendre la tâche qui consiste à assurer un programme de quarantaine adéquat. Il est obligé non seulement pour la protection de son propre

peuple mais également pour celle de l'agriculture des pays voisins. Une erreur faite dans un pays pourrait avoir des conséquences sérieuses pour ses voisins.

L'établissement à proprement parler des institutions de quarantaine est un important sujet en lui-même et il est trop vaste pour être analysé ici. Je voudrais néanmoins mettre l'accent sur le fait que si l'on tient compte des institutions de quarantaine, ces dernières doivent être d'une très grande qualité, autrement elles comportent des dangers. En effet, des établissements de quarantaine inadéquats créent une fausse impression de sécurité c'est donc moins dangereux de ne pas en avoir du tout.

Un personnel approprié est également un facteur important. Le bénéfice de posséder un établissement avec des chambres de contrôle, des serres pour insectes et des laboratoires bien équipés dépend d'un personnel expérimenté et consciencieux pour manipuler ces structures. Le responsable du service de quarantaine et le personnel occupent des fonctions très importantes au sein de la chaîne de recherche que constitue la lutte biologique. Leurs responsabilités sont grandes et ils doivent donc être soigneusement choisis et doivent avoir des conceptions profondes en matière de quarantaine, de ses avantages et dangers potentiels.

C'est à ce stade du processus d'un programme de lutte biologique que la dépendance envers les sources d'expertise taxonomique devient la plus grande.

Avant qu'un organisme ne soit libéré des services de quarantaine pour étude et dissémination ultérieures, l'identité de l'organisme et la relation avec un groupe d'organismes connus doivent être établies. Cela nécessite une dépendance quasi-complète par rapport à une organisation compétente d'identification. En outre, les services rendus par ces taxonomistes doivent être rapides et dignes de confiance.

Maintenant que, l'organisme potentiellement bénéfique est à même d'être relâché à partir des services de quarantaine, toutes les espèces indésirables sont éliminées et conservées pour des besoins de collection de référence. En outre, tout le matériel associé tels que le sol, résidus végétaux, les emballages de frêt, et toute autre substance d'origine étrangère sont habituellement détruits dès la réception.

7. Etude et Culture:

A moins qu'il ne s'agisse d'une espèce connue provenant d'une source comme l'organisme bénéfique est d'ordinaire soumis à des études supplémentaires en laboratoire afin de déterminer s'il possède ces caractéristiques qui font de lui une espèce bénéfique désirée. Ces études, combinées aux données obtenues à partir des écrits de référence, des spécialistes et des observations et essais sur le terrain du pays d'origine représentent des critères selon lesquels l'organisme est, soit rejeté, soit relâché des stations de quarantaine pour dissémination et utilisation dans le cadre du projet de lutte biologique.

Très souvent, les espèces bénéfiques doivent faire l'objet de culture en laboratoire afin de constituer un stock pour étude et dissémination sur le terrain ou pour obtenir des quantités suffisantes à distribuer aux autres laboratoires de recherche.

8. Distribution

Une fois de plus, le problème de transport est essentiel. A ce stade, l'organisme bénéfique exotique est dédouané et se trouve donc dans le pays. Il doit cependant être distribué aux spécialistes sur le terrain où d'autres laboratoires pour recherche et dissémination complémentaires. Si l'on dispose d'un service postal rapide et efficace, alors ce moyen peut être utilisé, surtout si la distance n'est pas grande. Néanmoins, si l'on considère la taille de nombre de pays d'Afrique, je recommanderais fortement l'utilisation du fret aérien. Dans ce cas, les organismes emballés devraient être transportés à l'aéroport par le personnel du laboratoire concerné. Cela est nécessaire pour éviter les problèmes qui surgissent souvent au niveau des aéroports.

Le temps est un facteur limitant parce que les organismes bénéfiques sont habituellement minuscules et fragiles. Cela est particulièrement important si les organismes envoyés en fret sont les mêmes que ceux qui avaient été obtenus à partir de la source étrangère.

9. Dissémination sur le Terrain

Ce stade est l'objectif de tous les efforts qui auront été accomplis jusqu'à ce point. Néanmoins, la dissémination doit être faite dans les meilleures conditions possibles.

Parce que cette étape est critique, elle doit être soigneusement planifiée et étudiée. Il doit y avoir abondance d'hôtes accessibles, de bonnes conditions climatiques, et des possibilités d'accès à une variété d'habitats permanents. Des accords doivent souvent être passés avec les éleveurs et les officiels - à la fois gouvernementaux et privés - afin de réserver des surfaces pour la dissémination. Ces sites doivent être protégés de tout brûlage, application de pesticides, labour et toute autre pratique qui mettrait en danger l'établissement de l'organisme bénéfique. Les sites de dissémination doivent être bien sélectionnés parce qu'ils représentent le point final d'une longue procédure de recherche et un investissement financier considérable.

Si les espèces bénéfiques se sédentarisent, ces sites peuvent être utilisés comme "zone d'élevage de l'ennemi naturel" pour la collecte et la redistribution supplémentaires.

Après dissémination d'un organisme bénéfique (sur le terrain), la recherche n'a pas atteint son point final pour autant. Il doit en effet être établi si l'organisme bénéfique s'est sédentarisé, et s'il en est ainsi, où s'est-il établi et sous quelles conditions. Cette information est nécessaire afin de déterminer si la phase du projet en terre étrangère doit être continuée, répétée, transférée dans une autre localité étrangère ou terminée.

L'évaluation d'un ennemi naturel qui a été introduit constitue une phase importante dans tout programme de lutte biologique. Tout projet doit comporter des dispositions pour une évaluation de l'effet de l'ennemi naturel.

Par le passé, trop de projets se sont terminés sur la phase de dissémination de l'organisme bénéfique. Il n'y a pas eu suffisamment d'efforts faits pour déterminer si le projet particulier a été un succès, grâce à cette introduction. Souvent on a observé une décroissance de la population d'une famille de parasites après dissémination des ennemis naturels, cependant il n'y a pas eu des données définies démontrant que le déclin de la population était dû à l'action de l'organisme introduit. Nous devons obtenir ces données afin de justifier le financement du programme. En outre, ces informations sont nécessaires lorsque l'on propose des programmes futurs à des groupes de consommateurs et aux administrateurs qui gèrent les fonds, pour avoir leur appui.

Souvent, l'action d'un organisme bénéfique n'est pas dramatique, et ne peut être démontrée qu'après une étude soigneuse. Par exemple, l'introduction des ennemis naturels du charançon de la luzerne dans l'Est des Etats-Unis a grandement réduit le nombre d'applications de pesticides alors utilisés pendant une saison donnée, sur la luzerne. Que cette réduction était due à l'effet des ennemis naturels n'a pu être démontré qu'après une évaluation solide de l'impact des parasites bénéfiques. En outre, l'évaluation a démontré que l'introduction des ennemis naturels qui s'est élevée en chiffres à environ 825.000 dollars a engendré des épargnes directes d'environ 8 millions de dollars (Day, 1981).

Ce n'est que récemment que les projets relatifs à la lutte biologique ont été soumis au type d'évaluation qui aurait dû être faite dans le passé. Ainsi, nous sommes convaincus que de nombreux projets ont été réussis, mais nous manquons de données pour le prouver. Ce serait une erreur grave de commettre cette même faute en ce qui concerne l'Afrique où la nécessité d'un programme adéquat en matière de lutte biologique devient de plus en plus importante. Les mesures nécessaires doivent être prises dès la phase d'étude, pour éviter de répéter les erreurs commises par tant de projets de lutte biologique dans le passé.

Je n'ai pas examiné en tant que telles les mesures relatives aux microbes pathogènes des insectes et des plantes. J'ai l'espoir que cette omission ne sera pas interprétée comme indiquant que j'estime ces organismes peu importants en matière de lutte biologique.

L'omission est plutôt en rapport avec mon manque d'expérience dans ce domaine précis. De plus, la recherche au moyen de microbes pathogènes (y compris les nématodes) représente une approche plutôt différente qui nécessiterait des démarches à part, lesquelles mériteraient une deuxième étude.

Il y a cependant quelques commentaires que je voudrais faire, concernant les microbes pathogènes et leur potentialité ou utilisation réelle en Afrique.

Je n'insisterais pas sur la recherche faite sur les pathogènes des plantes dans le futur, à moins qu'il y ait actuellement un programme en cours de recherche et assez solide. Sur ce point, je me rendrai à l'avis de mes collègues qui sont beaucoup plus experts que moi en ce qui concerne les programmes de recherche sur ce continent. J'ai le sentiment que cela constitue un domaine de recherche très spécialisé qui représente pour le moment un champ d'étude comportant des risques de coûts élevés, essentiellement à cause de l'expertise limitée dont on dispose et de l'expérience réduite.

Par conséquent, je crois que la recherche relative à ce domaine, en Afrique, devrait attendre que ce champ soit plus développé et que les pays aient constitué leurs propres équipes d'experts. L'emploi satisfaisant d'un microbe pathogène pour lutter contre un parasite des mauvaises herbes a été admirablement démontré par les scientifiques australiens grâce à leur travail fait sur la rouille, Puccinia, qui a été libérée contre le Chondrilla, parasite des mauvaises herbes, en Australie (Marsden et Al., 1980). Ce même agent de rouille des céréales a été libéré aux Etats-Unis avec des résultats très prometteurs. Au niveau du territoire des Etats-Unis, nous ne disposons que de deux laboratoires (à Frédérick, Maryland et Gainesville, Floride) qui sont autorisés à faire des recherches avec des microbes pathogènes de plantes exotiques.

Les pathogènes des insectes présentent une situation différente. Le risque est moindre, mais l'investissement en structures est toujours très élevé. Il existe plusieurs microbes pathogènes qui sont maintenant disponibles sur le marché commercial. Je suggèrerais que la recherche soit actuellement réduite à l'utilisation de ces produits commerciaux jusqu'à ce que vos ressources soient développées à un degré vous permettant d'entrer dans ce domaine plus onéreux de recherche en matière de lutte biologique.

Bien qu'un projet réussi soit une sécurité permanente et relativement bon marché, la lutte biologique n'est pas gratuite. Pour avoir un programme de lutte biologique viable et efficace, le pays ou l'organisation en question doit être préparé(e) à faire face aux investissements de départ. Des bâtiments de recherche et de quarantaine doivent être construits et le personnel doit être formé.

Les projets sont en général à long terme et peuvent durer de 10 à 15 ans. A titre d'exemple, le projet réussi du charençon de la luzerne aux Etats-Unis en est à sa 18ème année. Le projet continuera pour de nombreuses années à venir, afin de pouvoir distribuer dans de nouvelles surfaces ces ennemis naturels exotiques qui se sont déjà établis dans la partie orientale du pays. DeBach (1964) déclara que "sur une période de temps assez étendue, le nombre de succès atteints sera proportionnel à la somme de recherche et de travail d'importation entrepris".

En bref, cela signifie que les résultats obtenus seront exactement proportionnels aux fonds investis. Le projet relatif au charençon de la luzerne a coûté approximativement 825.000 dollars en ce qui concerne l'exploration et la recherche, mais les résultats qui s'élèvent à plus de huit millions (8.000.000) de dollars d'épargne sur les applications annuelles de pesticides font plus que justifier les frais des premiers investissements.

La lutte biologique ne constitue pas la réponse complète à tous les problèmes liés aux parasites. Elle ne remplacera pas complètement la lutte chimique, ni le contrôle des cultures, ni toute autre bonne pratique agricole. Elle doit être intégrée dans un programme global de lutte contre les parasites. Néanmoins, la lutte biologique est un moyen efficace de lutte contre les parasites. Il existe de nombreux exemples de projets réussis dans toutes les parties du globe. Dans une récente revue mondiale des projets de lutte biologique, Clausen (1978) a cité plusieurs exemples tirés de l'Afrique. Ces exemples comprenaient la lutte contre les coccidés (cochenilles) du citron en Afrique du Sud, de la noix de coco aux Iles Maurices, du palmier en Algérie et au Maroc ainsi que l'action d'autres parasites sur d'autres cultures.

Bien que le nombre d'exemples positifs soit relativement petit en Afrique, il peut être accru au moyen de coopération, d'intérêt et de soutien mutuels. Une forme possible de coopération pourrait être la constitution d'une Institution Ouest Africaine de quarantaine et de Recherche dans l'un des pays participant à cette conférence. Cela aiderait à partager la tâche entre tous et permettrait aux hommes de science de tous les pays participants, de travailler ensemble pour lutter contre les parasites, lesquels n'ont aucune conception de frontières politiques. Heureusement, leurs ennemis naturels ne l'ont pas davantage.

Je me rends compte que je n'ai pas examiné de nombreux autres domaines de recherche tels que l'élevage massif, la mise en circulation intensive, la manipulation génétique, la conservation des ennemis naturels autochtones ainsi que l'utilisation des phéromones et des kairomones. Ces facteurs représentent des méthodes importantes et potentielles pour la lutte contre les différentes familles de parasites et devraient être compris dans toute étude d'un programme global de lutte contre les parasites.

Pour terminer, je voudrais vous remercier pour l'occasion et l'honneur que vous m'avez donnés en me permettant d'intervenir devant cette assemblée distinguée. Il m'a été très agréable d'être à même de discuter d'un domaine de recherche dans lequel j'ai été engagé tout au long de ma carrière. J'ai la ferme conviction que la lutte biologique contient les solutions à nombre de nos problèmes relatifs aux parasites. J'espère que d'une certaine manière j'ai contribué à un programme qui sera bénéfique au peuple Africain.

Références

- BOLDT, P.E. et J.J. Drea, 1980. Emballage et Frêt d'Insectes Bénéfiques pour la Lutte Biologique. Bull. de Prot. des Plantes de la FAO 28 (2): 64-71
- CLAUSEN, C.P. 1978. Parasites Introduits et Prédateurs de Parasites d'Arthropodes et de Mauvaises Herbes : Une Revue Mondiale. Département Agricole des U.S.A., Brochure n° 480, pp. 551.
- DAY, W.H. 1981. Lutte Biologique Contre le Charençon de la Luzerne dans le Nord-Est des Etats-Unis in G.C. Papavizas (editeur) Beltsville Symp. Agr. Res. V. Lutte Biologique au Niveau de la Production Agricole. Allenheld, Osmon & Co. Montclair, N.J. (sous presse).
- MARSDEN, J.S., G.E. Martin, D.J. Parham, T.J. Ridsill Smith, and B.G. Johnston, 1980. Points Positifs de la Recherche Agricole Australienne. Etude Conjointe Coûts et Bénéfices du CSIRO et de la Comm. Ass. Indust., CSIRO, Camberra, pp. 107.
- VAN DER BOSCH, R. 1964. In DeBach (editeur). Lutte Biologique contre les Insectes Parasites et les mauvaises Herbes. Reinhold Publ. Co., New York, pp. 844.

" QU'ALLEZ-VOUS FAIRE LA SEMAINE PROCHAINE "

Discours de clôture prononcé par John A. FRANKLIN
Directeur Régional de la Formation, USAID

Mesdames, Messieurs, Cette portion de notre Quatrième Conférence Annuelle touche à sa fin. Avant que je ne clôture la séance, accordez-moi quelques instants pour rappeler comment et pourquoi le Projet Régional de l'USAID pour la Protection des Cultures Vivrières a décidé d'assurer la majorité des frais du programme qui s'est déroulé cette semaine.

Depuis la naissance du projet en 1976, notre objectif majeur a été d'aider les pays participants à améliorer leur capacité à augmenter la production alimentaire grâce à la réduction des pertes dues aux ravageurs des cultures. Pour qu'une action de lutte soit efficace, il est important de savoir quelles sont les différentes options dont on dispose.

L'option présentée cette semaine a été la lutte biologique. Cette option, parmi d'autres, telles que les pesticides, la résistance des plantes hôtes et l'amélioration des pratiques culturales, devrait avoir une place dans les efforts qu'entreprend chaque pays pour réduire les pertes des cultures dues aux ravageurs.

Etant donné que la lutte biologique offre de grandes possibilités aux pays à ressources financières limitées, nous avons pensé qu'un effort spécial devait être fait pour explorer son potentiel vis à vis des ravageurs en Afrique de l'Ouest. C'est dans cet esprit que j'ai rencontré le Dr. DREA (ancien Directeur du Laboratoire de Parasitologie Européen) à Paris en Mai 1979, et mentionné la possibilité d'organiser

une conférence. Il accepta de joindre ses efforts aux nôtres et dans ce cadre, participa à la Première Conférence Annuelle Nationale sur la Protection des Végétaux au Cameroun en Janvier 1980. Le Dr. Drea, Carl Castleton et moi-même avons esquissé un programme, avec l'intention d'inviter des experts de plusieurs régions du monde. C'est à cette époque que Carl Castleton a assumé la responsabilité de coordonner toutes les phases requises pour aboutir à notre Conférence.

Nous avons été encouragés à persévérer dans nos efforts par les Chefs de projets, plusieurs Directeurs de Services de Protection des Végétaux, et quelques uns des honorables conférenciers qui ont tant apporté au programme de cette semaine.

Lorsque John Gruwell en a assuré le financement, la Conférence a été annoncée lors de la Troisième Conférence Annuelle Régionale sur la Protection des Végétaux que nous avons tenue à Nairobi. A cette époque, nous avons choisi Dakar pour abriter la Conférence, à cause de sa situation géographique centrale et de son accessibilité par voie aérienne.

Une année s'est écoulée depuis que M. Castleton a commencé à travailler à cette Conférence, tout en continuant à assurer ses fonctions de formateur. Nous devons ici reconnaître que la Conférence n'aurait pas pu avoir lieu sans les efforts de Carl.

Je voudrais également remercier tous ceux d'entre vous qui ont joué un rôle dans notre conférence, à la fois en tant que conférencier qu'en tant que participants. Nous saluons avec reconnaissance la compétence des interprètes et la collaboration de l'UNESCO qui a mis sa salle de conférences à notre disposition.

Notre Conférence Annuelle a été financée par l'AID dans l'espoir d'accomplir trois objectifs:

1. Accroître les contacts entre chercheurs et responsables de la protection des cultures contre les pertes économiques encourrues avant et après les récoltes.
2. Aider les Directeurs de la Protection des Cultures dans leurs prises de décision, en leur fournissant une information régulière sur la protection des végétaux.
3. Aider les participants à identifier des ressources supplémentaires telles qu'experts ou institutions qui pourraient être à même de résoudre des problèmes spécifiques.

Nous avons le sentiment que cette Conférence a atteint ses trois objectifs. Notre projet participera à l'organisation de trois conférences annuelles supplémentaires. La prochaine aura trait à l'emploi des pesticides et se tiendra dans un an à Yaoundé, au Cameroun. Nous essayons de trouver des sujets appropriés pour celles de 83 et 84. Vous-mêmes, par vos suggestions, pouvez nous aider. Vous pourrez communiquer vos idées à M. Castleton, à moi-même, ou à tout autre Directeur de Projet.

Nos principaux objectifs cette semaine ont été les suivants:

1. Explorer les problèmes causés par les ravageurs pour lesquels la lutte biologique pourrait offrir des solutions à un pays participant.
2. Aider les participants à identifier des experts qui peuvent fournir des conseils pratiques sur les façons de procéder.
3. Fournir des informations sur la lutte biologique aux participants qui n'en avaient peut-être qu'une connaissance préalable limitée.

Qu'allez-vous faire la semaine prochaine?

Plus vous attendrez avant de poursuivre un domaine d'intérêt, moins vous serez susceptible de le faire. Ceci est également valable pour les sujets qui ont pu captiver votre intérêt cette semaine.

Si vous avez identifié un domaine sur lequel vous voudriez en savoir plus, ou qui pourrait être tenté dans votre pays, qu'allez-vous faire pour cela? Avez-vous identifié un expert qui pourrait vous aider? Vous êtes-vous présenté et lui avez vous exposé votre problème? Avez-vous besoin de tenir d'autres réunions pour discuter plus particulièrement de ce qui serait nécessaire si vous deviez vous intéresser à la lutte biologique? Avez-vous envisagé de nommer un membre de votre personnel pour travailler au moins à temps partiel sur la lutte biologique, et de le proposer à des cours de formation?

Si vous avez envisagé ces choses, mais hésité à cause de finances limitées, je m'empresserais de souligner que bien qu'il soit normal de se soucier de cet aspect, un financement n'est jamais impossible à obtenir. Si vous deviez dès aujourd'hui exprimer des intérêts spécifiques, plusieurs organisations parmi celles qui ont été représentées cette semaine pourraient vous aider à différents niveaux.

Dans les huit pays, parmi les 10 présents, où notre projet est actif, n'hésitez pas à exposer vos intérêts et besoins à nos représentants, et pour m'assurer que vous saurez qui ils sont, permettez-moi de les désigner:

M. William Overholt	Mauritanie
M. William Settle	Sénégal
Ms. Celeste Welty	Gambie
Dr. Jerry Fowler	Guinée Bissau/Cap Vert
Dr. David Perkins	Cameroun

Tous ces membres du Projet Régional pour la Protection des Végétaux ont pour tâche d'aider les pays à identifier leurs problèmes de ravageurs et à trouver les moyens d'entreprendre des programmes de lutte efficaces.

La valeur de cette Conférence ne se mesure pas par le fait que vous soyez bien amusés, mais par ce que vous ferez lorsque vous rentrerez chez vous.

Qu'allez-vous faire la semaine prochaine? Poursuivre une action concrète en contactant quelqu'un ou en écrivant, ou bien tout simplement penser à le faire? La lutte biologique, comme toutes les actions qui en valent la peine, ne se proude pas par hasard. Elle exige que quelqu'un planifie et agisse. Ce quelqu'un, c'est vous.

Permettez-moi à présent de clore officiellement la conférence de cette semaine. Cela a été un plaisir pour nous que d'avoir travaillé avec vous. J'espère que nous nous reverrons très bientôt. En attendant, au revoir, et bon retour dans vos pays respectifs.

LISTE DES PARTICIPANTS

- 1 Ba Amadou Lamine
Centre Régional de Formation pour la Protection des Végétaux
Km 15, Route de Rufisque, Dakar/Sénégal.
- 2 Ba Daoulé Diallo
Directrice du Projet de Lutte Intégrée contre les Parasites (CILSS)
B.P. 1530, Bamako/Mali
- 3 Badley Leslie
Professeur au CREPFPHY
B.P. 2082, Yaounde/Cameroun
- 4 Balde Alfasene
Assistant Technique
Ministère du Développement Rural, CP 71, Bissau/Guinée-Bissau
- 5 Barry Oumar
Centre Régional de Formation pour la Protection des Végétaux
Km 15, Route de Rufisque. Dakar/Sénégal
- 6 Bennet Frederick Douglas
Directeur de l'Institut du Commonwealth pour la Lutte Biologique
Gordon Street, Cruepe/Trinidad.
- 7 Benharrosh Gilbert
Agence Canadienne pour le Développement International
Ambassade Canadienne B.P. 548, Ouagadougou. Haute-Volta.
- 8 Bonzi Sidiki Marcel
Expert en Lutte intégrée
SRCVO Sotuba, BP 438, Bamako/Mali
- 9 Bourdouxhe Leon
Expert FAO en Entomologie
Station d'Horticulture de Cambérène
B.P. 158, ONU, Dakar/Sénégal
- 10 Brenière Jean
Chef de Service pour la Protection des Cultures IRAT/GERDAT
Av. Duval de Montferrand, B.P. 5035, 34000 Montpellier/France
- 11 Brito Carlos Alberto
Ingénieur Technique
MDR Département de la Protection des Végétaux, CP 50, Praia/Cap-Vert

- 12 Cassama Mustafa Soarez
Directeur de la Protection des Végétaux
C.E.D.R., CP 71, Bissau/Guinea-Bissau
- 13 Castel Jean-Marie
Conseiller Technique , Bureau d'Etude OCLALAV
B.P. 1066, Dakar/Sénégal
- 14 Castleton Carl
Responsable Régional de Formation , Projet de Protection des Végétaux/USAID.
B.P. 49, Dakar/Sénégal.
- 15 Cissé Amadou
Ingénieur Agronome, OCLALAV
B.P. 1035, Dakar/Sénégal
- 16 Collingwood Edwin F
Phytopathologiste, Station d'horticulture de Cambérène
B.P. 154, Dakar/Sénégal.
- 17 Dah Sidi Mohamed Ould
Ingénieur T.A.
B.P. 180, Nouakchott/Mauritanie
- 18 De Montaigne Max
Ingénieur Agronome d'Entomologie
B.P. 655, Nouakchott/Mauritanie
- 19 Djigma Albert
Directeur de l'Institut de Recherche Agronomique
B.P. 7192, Ouagadougou/Haute-Volta
- 20 Djob Bikoi Jean
Entomologiste IRA
B.P. 243, Douala/Cameroun
- 21 Djomou Sadrack
Directeur du Centre de Formation pour la Protection des Végétaux
B.P. 2082, Yaounde/Cameroun
- 22 Diack Amadou Makhtar
Conseiller FAO
B.P. 7049, Ouagadougou/Haute Volta
- 23 Diagne Daouda
Directeur de la Protection des Végétaux
Ministère du Développement Rural, BP 486, Dakar/Sénégal.
- 24 Diatta Sitapha
Directeur du Département Agronomie et Bioclimatologie/ISRA
B.P. 51, Bambey/Senegal

- 25 Diop Amadou
Centre Régional de Formation pour la Protection des Végétaux
Km 15, Route de Rufisque, Dakar/Sénégal

- 26 Diallo Ibrahima
Centre Regional de Formation pour la Protection des Végétaux-
Km 15, Route de Rufisque, Dakar/Sénégal

- 27 Doumbia Yacouba Ousmane
Entomologiste
BP 438, Sotuba, Bamako/Mali

- 28 Drea John
Directeur National du Programme de Recherche sur la Lutte Biologique et
Taxonomie . Rm 332, Building 005, Beltsville Agricultural Research Center
West, Beltsville, Maryland 20 705.

- 29 Durand Jean-Yves
Conseiller Technique à la Direction de la Protection des Végétaux
B.P. 486, Dakar/Sénégal

- 30 Etienne Jean
Spécialiste de la Lutte Biologique, ISRA/Djibélor
B.P. 34, Ziguinchor/Sénégal

- 31 Fall Ahmed Maouloud
Contrôleur Technique Economie Rurale
B.P. 655, Nouakchott/ Mauritanie

- 32 Fowler Jerry
Conseiller Technique de la Protection des Végétaux
Ambassade Américaine, Guinée-Bissau

- 33 Franklin John A.
Chef de la Formation USAID - Protection des Végétaux
B.P. 817, Yaounde/Cameroun

- 34 Gahukar Ruparao
Entomologiste ICRISAT
B.P. 3340, Dakar/Sénégal

- 35 Gerten Donna M.
Conseiller Technique Protection des Végétaux
P.O. Box 582 , Banjul/Gambie

- 36 Gruwell John
Directeur Régional du Projet USAID de la Protection des Végétaux
B.P. 49, Dakar Sénégal
- 37 Habib, Mohamed Ezz el-Din
Institut de Biologie /UNICAMP
Campinas, ST 13100/Brazil
- 38 Hellyer Robert George
Directeur pour le "Projet Lutte Intégrée" USAID
Ambassade Américaine, B.P. 35, Ouagadougou/Haute-Volta
- 39 Henry John E.
Entomologiste
USDA/SEA Montana State Bozeman Mt. 59717, U.S.A.
- 40 Hernandez Serge
Chef de Division Malherbologie ISRA
CNRA, BP 51 Bambey/Sénégal
- 41 Herren Hans
Entomologiste
IITA Oyo Road, P.M.B. 5320, Ibadan / Nigeria
- 42 Jacquemard Philippe
Entomologiste
I.R.A, BP 33, Cameroun
- 43 Klein-Koch Carlos
Dr. Agronome
C.P. 128, Praia/Cap-Vert
- 44 Lehner Henry Frédéric
Conseiller Technique CIBA-GEIGY
76, rue Carnot, Dakar/Sénégal
- 45 Ly Mohamadou
Responsable Pesticides et Stockage
CNRA Bambey, B.P. 51/Dakar-Sénégal
- 46 Maiguizo Mounkaïla
Directeur du Centre de Lutte Biologique
INRAN, B.P. 123, Agadez/Niger
- 47 Mbiele Abel
Secrétaire Scientifique de l'OUA
B.P. 4170, Yaounde/Cameroun
- 48 MBoob Sulayman
Conseiller Technique
Ministère de l'Agriculture , Yundum/ Gambie

- 49 Mhlanga Liberty
Directeur Adjoint
Enda Third World , B.P. 3370, Dakar/Sénégal
- 50 Mudge Alan D.
Corps de la Paix/Service de la Protection des Végétaux
P.O. Box 582, Banjul/Gambie
- 51 NDiaye Ahmadou
Chef de Service Protection des Végétaux
B.P. 323, Niamey/Niger
- 52 Njomgue Seraphin
CREFPHY - Professeur
B.P. 2082, Yaounde/Cameroun
- 53 NDoye MBaye
Directeur Composante Nationale Projet de Lutte Intégrée
B.P. 51, CNRA, Bambey/Sénégal.
- 54 NWanze Kanayo F.
Entomologiste
ICRISAT/PNUD, B.P. 1165, Ouagadougou/Haute-Volta
- 55 Overholt William
Conseiller Technique de la Protection des Végétaux
USAID, Nouakchott/Mauritanie
- 56 Perkins Benjamin David
Conseiller Technique Protection des Végétaux
c/o Ambassade Américaine, B.P. 817, Yaounde/Cameroun
- 57 Pierrard Gaston
Expert Principal un Lutte Intégrée F.A.O.
B.P. 154, Dakar/Sénégal
- 58 Reversat Georges
Chercheur en Nématologie
ORSTOM, B.P. 1386, Dakar/Sénégal
- 59 Sanou Moussa
Chef du Service de la Protection des Végétaux
Service de la Protection des Végétaux, B.P. 7028, Ouagadougou/Haute-Volta
- 60 Simaga Bakary
Expert Entomologiste FAO
Protection des Végétaux, B.P. 7028, Ouagadougou/Haute-Volta

- 61 Sigwalt Bernard
ORSTOM, B.P. 1386, Dakar/Sénégal
- 62 Sountera-Soumana
Chef de la Division Protection des Végétaux, B.P. 1560, Bamako/Mali
- 63 Tetefort Jean
Conseiller Technique Principal FAO
Institut du Sahel, B.P. 120, Bamako/Mali
- 64 Thiam Serigne Alioune
Ingénieur Agronome en Défense des Végétaux
ITA, Section Stockage, B.P. 2765, Dakar/Sénégal.
- 65 Tilly Gaoh Abdourahmane
Phytotechnologiste
Service Protection des Végétaux, B.P. 323, Niamey/Niger
- 66 Voegele Jean
Maître de Recherche
Station de Zoologie et de Lutte Biologique,
37, Bd du Cap des Antilles, 06600 FRANCE
- 67 Welty Celeste
Conseiller Technique de la Protection des Végétaux
Ambassade Américaine
B.P. 596, Yundum/Gambie
- 68 Wisecarver Steven
Directeur Adjoint du Projet de la Protection des Végétaux
USAID B.P. 49, Dakar/Sénégal
- 69 Yonli Ousmane Taladidia
CNRA Maradi
B.P. 240, Niger

INDEX DES AGENTS DE LA LUTTE BIOLOGIQUE

<i>Acigona ignefusalis</i>	31, 78, 109, 111, 113
<i>Adalia</i> sp	213
<i>Agropyron flavevlatus</i>	69
<i>Aleurocanthus woglumi</i>	69
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	29
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	172
<i>Ammalo onsulata</i>	71, 176
<i>Anabrus simplex</i>	183
<i>Anisoplia austriana</i>	1
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	164, 166, 167, 168
<i>Aonidiella aurantii</i>	2, 4
<i>Apanteles</i>	11, 12
<i>Apanteles chilonis</i>	34
<i>Apanteles erinotae</i>	69
<i>Apanteles flavipes</i>	29, 34, 69, 70, 114, 195
<i>Apanteles litae</i>	236
<i>Apanteles sesamia cam.</i>	80, 113, 114, 195
<i>Apanteles subandinus</i>	29
<i>Apanteles plutella</i>	236
Aphelinidae	213
<i>Aphilinius</i>	20
<i>Aphytis roseni</i>	67
<i>Aphytis</i> sp	213
<i>Arthrobotrys</i>	233
<i>Aspidiotus destructor</i>	69
<i>Aulacaspis tegalensis</i>	70
<i>Autographa californica</i>	30, 35
<i>Azadirachta indica</i>	53
<i>Bacillus popillae</i>	94, 141, 142
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1, 4, 37, 112, 135, 139, 161
<i>Baculovirus</i>	35,
<i>Baculovirus swanei</i>	4
<i>Bemisia tabaci</i>	237
<i>Busseola fusca fuller</i>	77, 109, 110, 111, 112
<i>Cactoblastis cactorum</i>	174
<i>Cales noacki</i>	29
<i>Catantops auxillaris</i>	237
<i>Cecidomye</i>	36
<i>Chilocorus bipustulatus v. iranensis</i>	30, 69, 199, 200, 201, 203, 205 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 222, 223

Chilocorus distigma kaly	213
Chilo partellus	111
Chilo sp	37
Chilo sacchariphagus	28, 113, 195
Chilo zacconius	33, 34, 37, 113
Chilo zonellus	112
Chondrilla juncea	
Chromolaena odorata	69, 70
Chrysomya	5
Chrysomya macellaria	5
Clidemia hirta	174
Coccophagus princeps	60
Coccophagus sp	60
Coccus hisperidum	60
Coelocentrus sp	113
Contarinia sorghicola	31, 32
Cordia curassavica	69
Cosmophila flava	37
Cryptognata nodiceps	199
Cryptophlebia leucotetra	30, 34, 37
Ctenopharyngodon	174
Cucurbita pepo	237
Cybocephalus sp	203, 213
Cylas albicans	68
Dacus frontalis	237
Diaspidoidae	198
Diatraea saccharalis	34
Diatraeaphaga striatalis	28
Diploneura sp	113
Disparopsis watersi	29, 30, 37
Dysdercus supersticiosus	
Earias biplaga	34, 37
Eichhornia crassipes	69, 71, 172
Elaeidobius ssp	67
Eldana saccharina	34, 77, 108, 109, 110
Encarsia	20
Ephestia cautella	121
Ephestia kuehniella	116, 117, 124
Erinota thrax	68
E. Kamerunicus	67
Eublemma gayneri roths	78
Eulophidae	112
Eupteramalus	9

<i>Ferrisiana virgata</i>	29
<i>Galleria mellonella</i>	30
<i>Geromyia penniseti felt</i>	78
<i>Gnorimoschema operculella</i>	29
<i>Goniozus procerae</i>	34
<i>Goniozus sp</i>	31
<i>Granulosis</i>	19
<i>Gregarina katherina</i>	200
<i>Habrobracon</i>	125
<i>Habrobracon sp. hebetor</i>	31
<i>Heliothis</i>	30
<i>Heliothis armigera</i>	30, 34, 37
<i>Herogenes</i>	8, 9
<i>Hirschmaniella</i>	233
<i>Hymenobosmina</i>	8
<i>Hyperchalcidia soudanensis</i>	112
<i>Hypsipyla grandella</i>	68
<i>Hypsipyla robusta</i>	37
<i>Icerya purchasi</i>	1
<i>Lantana camara</i>	69, 171, 175
<i>Leptinotarsis decemlineata</i>	25
<i>Lindorus lophantae</i>	198
<i>Lixophaga diatraea</i>	32
<i>Locusta migratoria migratorioides</i>	183
<i>Longicaudatus</i>	15
<i>Maliarpha separatella</i>	33
<i>Mamestra brassicae</i>	30, 35
<i>Mattesia</i>	117
<i>Mattesia dispora</i>	117, 124
<i>Melaleuca leucadendra</i>	176
<i>Melanoplus sanguinipes</i>	182, 183
<i>Milipedes</i>	
<i>Millipedes</i>	237
<i>Meloidogyne</i>	231, 232, 233
<i>Mesoleius tenthredinus</i>	68
<i>Metarrhizium anisopliae</i>	1
<i>Mononychellus manihoti</i>	70

Neodiprion swainei	4
Neoplectana carpocapse	143
Noctuidae	60
Nosema apis	124
Nosema locustae	180, 181, 182, 186, 187, 188
	189, 190, 191, 192, 193, 194
Nosema trichoplusiaie	146
Nomurea rileyi	
Oedaleus senegalensis	36
Oligonychus milleri	68
Oophilus	16
Opius longicaudatus	15
Opius oophilus	15, 17
Opuntia megacantha	174
Opuntia spp	172
Opuntia tricantha	69
Oryctes rhinoceros	51
Parlaroria blanchardi	69, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 211, 215, 221
Pediobus furvus	29, 79
Pediobus parvulus	32
Peribae orbata w.	60
Pharoscymnus ovoideus	203
Phroscymnus anchorago	203
Ph. ovoideus hamifer	204
Pharoscymnus semiglobosus	214
Phenacoccus manihoti	70
Phonoctonus fasciatus	60
P. scribimpictus	60
Pineus pini	68
Pinus caribbaea	68
Pistia	69
Pistia stratiotes	71
Plodia interpunctella	121
Plutella xylostella	236
Proceras sacchariphagus	34
Protoparce sexta	2
Pseudophingonatus savignyi	237
Pteramalus	12
Pteridium aquilium	175
Puccinia	248
Puccinia chondrillinae	174
Pyemotes ventricosus	112
Pyroderces	78

Raghuva	31
Raghuva aalbipunctella	78
Rhopalosihum maidis	77
rodolia cardinalis	1, 67
Rotylenchulus	234
Salvinia molesta	69, 71
Scirpophaga melanoclista	33
Scotia segetum	30, 35
Scutellona cavenessi	231
Scymnus sp.	212
Selenaspidus artculatus	67
Senecio jacobaea	174
Sesamia	108, 109, 195, 196
Sesamia calamistis	32, 33, 34, 77, 112
Sesamia sp.	108, 112
Sorghum bicolor	74
S.cretica led.	77
S. exempta	108
S. monagrioides botenphaga tams et bowd	77
S. penniseti tams et bowd	77
S. poephaga tams et bowd	77
Spodoptera	35
Spodoptera saccharalis	34
Spodoptera littoralis	37, 108
St. christollesalis	30
Striga	175
Striga asiatica	174
Striga gesneroides	174
Smicromyx sp.	174
S. botanephaga	110, 113
Sturmiopsis parasita curr.	74, 112
Sylepta derogata	
Syzeuctus sp.	
Tagetes patula	
Tetrastichus atriclavus	74, 79, 112
Tetrastichus australicum	28
Tetrastichus diplosidis	32
Tetrastichus dryii	29
Tetrastichus fasciatum	28
Tetrastichus sokowskii	236
Tetrastichus soudanensis	113
Thryraella	11
Tribolium	125
Trichogramma	103
Trichogramma brasiliense	30
Trichogramma sp.	32
Trioza erytreae	29
Xanthodes graellsii	60