



DRESSER TOUTE CORRESPONDANCE A: DFPV·B.P.12625·NIAMEY·NIGER
ADDRESS ALL CORRESPONDENCE TO:

**PROGRAMME DE LUTTE BIOLOGIQUE
CONTRE LES SAUTERIAUX
ET LES LOCUSTES**

**Proposition d'une Deuxième Phase
1993-1995**

TABLE DE MATIERES

FICHE DE DONNEES DU PROJET	iii
SOMMAIRE EXECUTIF	v
1. CONTEXTE	1
1.1. Criquet pèlerin	1
1.2. Les sauteriaux	2
2. JUSTIFICATION	2
2.1. L'effet des insecticides chimiques sur l'environnement	2
2.2. Le développement d'un insecticide biologique	3
3. LA PREMIERE PHASE DU PROGRAMME	4
3.1. Historique	4
3.2. Financement et gestion	5
3.3. Résultats	5
3.3.1. Exploration et essais d'efficacité (DFPV)	5
3.3.2. Formulation (IIBC)	6
3.3.3. Production en masse (IIBC)	6
3.3.4. Essais de terrain (DFPV et IITA)	7
3.3.5. Formation (IITA)	7
3.3.6. Publications (IIBC, DFPV, IITA)	7
4. OBJECTIFS D'UNE DEUXIEME PHASE	8
4.1. Objectifs à long terme du Programme	8
4.2. Objectifs à court terme du Projet	8
5. ACTIVITES DU PROGRAMME	9
5.1. Essais de terrain	9
5.2. Essais d'efficacité	10
5.3. Etudes écologiques	10
5.4. Réseau de collaborateurs	11
5.5. Formation	11
5.6. Publications	12
5.7. Analyse socio-économique	12
5.8. Atelier sur la lutte biologique des acridiens	12
5.9. Liens avec des autres projets	12
6. INTRANTS	13
6.1. Infrastructure	13
6.2. Personnel	13
6.2.1. Acridologues	13
6.2.2. Personnel d'appui	13
6.3. Equipement	14
6.4. Apports du DFPV	14
7. BUDGET	15
8. GESTION, RAPPORTAGE ET EVALUATION	15
9. CONSIDERATIONS SPECIALES	16
9.1. Facteurs externes	16
9.2. Appui aux femmes	16
9.3. Appui aux petits paysans	16

10.	L'INSTITUT D'EXECUTION	17
11.	LES INSTITUTS COLLABORATEURS	17
12.	REFERENCES	18

ANNEXES

I.	LISTE D'ABREVIATIONS
II.	BUDGETS
III.	TERMES DE REFERENCE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE
IV.	STRUCTURE LOGIQUE
V.	SCHEMA DES ACTIVITES
VI.	THE LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAMME. PROPOSAL FOR A SECOND PHASE: 1993-1995
VII.	RECOMMANDATIONS DE LA MISSION CONJOINTE D'EVALUATION
VIII.	BROCHURE

FICHE DE DONNEES DU PROJET

1. **Nom du Projet:** Lutte Biologique contre les Locustes et les Sauteriaux (LUBILOSA), partie du "LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAMME"
2. **Situation:** Niamey, Niger
3. **Durée:** Avril 1993 - Mars 1996 (3 ans)
4. **Institut d'exécution:** Département de Formation en Protection des Végétaux (DFPV) du Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS)
5. **Instituts collaborateurs:** "Institut International de Lutte Biologique" (Ascot, RU) et "Programme de Lutte Biologique de l'Institut International d'Agriculture Tropicale" (Cotonou, Bénin)
6. **Budget du Programme:** 2,572 millions livres sterling (±7,2 millions florins néerlandais)
7. **Contribution demandée pour le Projet:** 1,63 millions florins néerlandais
8. **Autres contributions au Programme:** ACDI (2,3 millions dollars canadiens), ODA (300.000 livres sterling), Coopération Suisse (1,5 millions francs suisses)
9. **Autres institutions qui collaborent:** LOCUSTOX (FAO), Services Nationaux de Protection des Végétaux (SPV) et Instituts Nationaux de Recherches Agricoles (INRA) au Sahel.
10. **Description du projet:**
 Développement d'un insecticide biologique contre les criquets, ravageurs des cultures des petits paysans en Afrique. La matière active, des spores d'un champignon pathogène, sera formulée dans un mélange d'huiles végétales et minérales pour permettre son utilisation dans des appareils de traitements conventionnels Ultra Bas Volume (UBV).
 La première phase du Programme a montré que des souches très virulentes de champignons existent et que la technologie développée pour l'utilisation dans les conditions du terrain est prometteuse. Il faut une deuxième phase du Programme pour perfectionner la technologie et de prouver l'efficacité sous les conditions de campagnes de lutte dans le Sahel.
11. **Objectif de développement:**
 - Apporter une contribution à la lutte contre les criquets afin de diminuer les pertes dans les cultures de la zone sahélienne.
 - Diminuer l'utilisation de produits chimiques et leurs effets négatifs sur l'environnement par la promotion de la lutte biologique.**Objectif technique:**
 - Développer un myco-insecticide à base d'un champignon pathogène spécifique aux acridiens et de tester son efficacité à une échelle opérationnelle à travers un réseau des chercheurs et de techniciens.
12. **Résultats immédiats à attendre:**
 - Une formulation de myco-insecticide et une technologie d'application qui est efficace sous les conditions sahéliennes.
 - Un réseau de recherche sur la lutte biologique contre les criquets en Afrique de l'Ouest.
 - Des méthodes proposées pour stimuler l'impact des ennemis naturels des criquets dans le Sahel.
13. **Sommaire des activités:**
 - Mener des essais de terrain au Niger et dans des autres pays sahéliens pour tester l'efficacité du myco-insecticide.
 - Formation des collaborateurs du réseau sahélien en lutte biologique contre les criquets.
 - Appui technique aux Services Nationaux de Protection des Végétaux (futurs utilisateurs du produit) pour mener leurs propres essais.

14. Documentation:

- propositions pour la première phase du projet (van Huis, 1988, 1989)
- 6 rapports de progrès du Projet (volet DFPV)
- 6 rapports semestriels du Comité de Gestion du Programme
- document du Projet DFPV (1990)
- rapport d'évaluation 1991
- actes de l'atelier sur la lutte biologique contre les criquets, Cotonou, Bénin (Lomer & Prior, 1992)

SOMMAIRE EXECUTIF

Contexte

Des pullulations et des invasions périodiques de locustes et de sauteriaux forment une menace sérieuse pour l'agriculture de l'Afrique, de l'Arabie et jusqu'en Inde. Plus récemment entre 1985 et 1989, les populations du criquet pèlerin et plusieurs espèces de sauteriaux ont atteint des niveaux épidémiques. Des campagnes de lutte massives ont été déclenchées utilisant des insecticides chimiques à large spectre à un coût de 275 millions \$US.

A l'époque, cet utilisation d'insecticides sur une très vaste superficie a causé beaucoup d'inquiétude. Bien que la dieldrine eût déjà été interdite avant les dernières invasions dans la plupart des pays, il y avait des indications que les insecticides organophosphorés avec lesquels la dieldrine avait été remplacée, avaient des effets aussi négatifs sur l'environnement.

Il était donc nécessaire de trouver des alternatives qui présentent moins de dangers pour l'environnement. Une alternative prometteuse était un insecticide biologique à base d'un champignon pathogène spécifique aux acridiens: *Metarhizium flavoviride*. Il était déjà montré que les spores de ce champignon pouvaient être formulées dans de l'huile végétale et qu'elles étaient même plus virulentes dans de l'huile que dans de l'eau. Cette caractéristique était considérée comme un grand avantage étant donné que la lutte contre les locustes doit se faire souvent dans des endroits isolés et secs où l'eau n'est pas facilement disponible et où les gouttelettes d'une formulation aqueuse s'évaporent avant de toucher leur cible.

Première phase

En 1989, les agences de développement international du Canada, des Pays-Bas, de la Royaume Unie et des Etats-Unis se sont mis d'accord pour financer un programme de recherches avec l'objectif d'étudier la faisabilité d'un tel insecticide. Ce programme de trois ans était une coopération entre l'Institut International de Lutte Biologique (IIBC) d'Ascot, RU, l'Institut International d'Agriculture Tropical (IITA) de Cotonou, Bénin, et le Département de Formation en Protection des Végétaux (DFPV) de Niamey, Niger.

Lors des prospections intensives en Afrique de l'Ouest le volet DFPV a trouvé des isolats de *M. flavoviride* qui étaient adaptés à une température élevée et qui s'avéraient très virulents contre le criquet pèlerin et plusieurs espèces de sauteriaux. Des isolats d'autres champignons pathogènes ont été trouvés au Pakistan et en Oman, mais leur virulence était inférieure. Une formulation provisoire a été développée par les chercheurs de l'IIBC, dans laquelle les spores peuvent être stockées assez longtemps. Cependant, la durée de conservation à des températures assez élevées doit être améliorée. Un additif a été trouvé qui protège les spores contre les rayons UV après pulvérisation.

En principe, le champignon peut être produit en masse en utilisant des méthodes assez simples et peu chères. Des recherches sont en cours à l'IIBC et à l'IITA pour développer des méthodes optimales pour les conditions locales des pays concernés, pour que cette production puisse être fait dans la région.

Quelques essais de terrain préliminaires à petite échelle faits au Bénin et au Niger par l'IITA et le DFPV ont montré qu'une mortalité de plus de 90%

peut être atteinte dans 7-10 jours. D'autres expériences ont montré que la consommation et l'activité générale des criquets infectés commencent déjà à diminuer à partir de 3-4 jours après traitement.

Deuxième phase

Les objectifs principaux d'une deuxième phase sont de montrer que le produit est efficace sous les conditions des campagnes conventionnelles de lutte et que la production en masse des spores est faisable. La contribution du DFPV vers ces objectifs est surtout de mener des essais de terrain pour tester l'efficacité. Le personnel et la plupart de l'infrastructure et des équipements nécessaires sont déjà sur place. Un autre objectif est de sensibiliser les futurs utilisateurs du produit (i.e. les SPV's) et de former leurs agents dans les sujets nécessaires pour qu'ils puissent mener des essais eux-mêmes. Cet objectif sera pris presque entièrement par le Projet comme tâche, pour laquelle un deuxième acridologue/entomologiste sera employé.

LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES LOCUSTES ET LES SAUTERIAUX (LUBILOSA)

1. CONTEXTE

Les locustes, en particulier le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*), et les sauteriaux (ex. *Oedaleus senegalensis*) sont les ravageurs les plus importants des cultures au Sahel. En effet, presque chaque année les sauteriaux causent des pertes, souvent importantes, de céréales et d'autres cultures vivrières. Par contre, les pullulations des locustes sont irrégulières, mais leurs essaims destructifs peuvent envahir une aire immense s'étendant de l'Afrique occidentale jusqu'à l'Inde.

1.1. Criquet pèlerin

Pendant les périodes de récession, le criquet pèlerin forme des populations clairsemées qui ne causent pas de dégâts (phase solitaire). Mais quand les conditions deviennent favorables à la reproduction (après quelques saisons consécutives de pluies abondantes), les populations augmentent et les insectes se transforment en phase grégaire. Ils forment des bandes larvaires sur de vastes superficies et, finalement, produisent des essaims d'adultes. Un essaim peut contenir 50 millions d'individus par km² (Steedman, 1990). En 1988, au Soudan, il y avait des essaims couvrant 159 km² (Brader, 1988). Un grand essaim peut atteindre un poids de 80.000 tonnes et consomme chaque jour l'équivalent en végétation verte (Steedman, 1990). Là où les criquets se posent, les cultures et la végétation naturelle sont mangées littéralement jusqu'au ras du sol.

A présent, la seule option de lutte contre les locustes est l'application d'insecticides chimiques. Des campagnes de lutte contre les locustes nécessitent des applications terrestres et aériennes de produits chimiques sur des grandes superficies. Lors des invasions dernières entre 1986 et 1989 les campagnes de lutte chimique ont coûté plus de 400 millions \$US dont plus de 200 millions \$US ont été fournis par les bailleurs de fonds internationaux et le reste par les pays atteints en Afrique, au Moyen Orient et en Asie (Symmons, 1992).

Originellement, la lutte chimique contre les locustes se faisait par l'application de faibles doses d'insecticides très rémanents, comme la dieldrine, sur des bandes larvaires. A présent, la dieldrine est interdite dans la plupart des pays et remplacée par des organophosphorés qui sont moins rémanents mais moins efficaces. Pour cette raison, ces derniers doivent être répandus en doses plus élevées et de telle façon qu'ils couvrent complètement le terrain au lieu d'un traitement localisé en bandes comme ce fut le cas avec la dieldrine. De plus, comme ces produits se décomposent plus vite, ils doivent être appliqués plusieurs fois. Par conséquent, les bandes larvaires ne sont plus de cibles réalistes, parce qu'il n'est pas économique de traiter complètement les vastes superficies qu'elles couvrent. Il faut donc traiter les essaims des adultes (Symmons, 1992).

La conséquence directe de tout cela était que la quantité d'insecticides utilisée a énormément augmenté entraînant une augmentation des coûts d'environ dix fois (Brader, 1988) sans preuve d'efficacité satisfaisante.

1.2. Les sauteriaux

Les sauteriaux causent toutes les années des dégâts et devraient être considérés comme un problème régulier de protection des végétaux. La lutte chimique est pour le moment la seule alternative, bien que beaucoup reste à faire pour l'utilisation efficace des insecticides, notamment l'utilisation de seuils économiques. Souvent de vastes superficies sont traitées dans les pays sahéliens: 4,48 millions ha en 1989, 1,62 millions en 1990, 0,68 millions en 1991 et 0,31 millions ha en 1992. Les coûts de ces traitements sont très élevés: environ 62 millions \$US en 1986 et 1987 sur environ 0,25 millions ha (Brader, 1988).

2. JUSTIFICATION

2.1. L'effet des insecticides chimiques sur l'environnement

La quantité d'insecticides utilisée pendant les dernières invasions a donné lieu au souci de l'impact de ces produits sur l'environnement, d'autant plus que l'écosystème sahélien est encore mal connu et considéré comme très fragile (OTA, 1990; Everts, 1990). L'insecticide le plus utilisé (le fenitrothion) s'avérerait le plus néfaste parmi trois insecticides testés dans une étude écotoxicologique pilote au Sénégal (Everts, 1990).

Les insecticides "à large spectre" utilisés jusqu'ici ont aussi un effet sur d'autres insectes outre les criquets, y compris leurs ennemis naturels qui assurent un certain degré de régulation des populations (Prior & Greathead, 1989; Steedman, 1990). En tuant les ennemis naturels et d'autres organismes non-cibles on risque d'influencer les plus hauts niveaux de la chaîne alimentaire et même d'aggraver les problèmes dus aux ravageurs des cultures. En plus, les organophosphorés posent un risque pour la santé de l'homme et des animaux. Les résidus d'insecticides dans les criquets ont un effet parfois fatal sur des oiseaux comme les cigognes, qui consomment des quantités importantes de criquets.

Le stockage de plusieurs milliers de litres d'insecticides pour la lutte contre les criquets pose ses propres dangers environnementaux. En effet, les vieux récipients favorisent la fuite d'insecticides concentrés dans le sol, lesquels peuvent contaminer des nappes aquifères. Les récipients vides sont beaucoup utilisés pour mettre de l'eau potable, ce qui constitue un risque sérieux pour la santé (Bull, 1982; OTA, 1990). Les dangers de pollution posés par les fuites d'insecticides et par l'enlèvement inopportun des récipients a abouti à des programmes coûteux, payés par les bailleurs de fonds, pour leur destruction convenable.

Comme les quantités de ces insecticides étaient souvent en excès par rapport aux besoins nécessaires des campagnes de lutte contre les criquets, il n'est pas surprenant que le surplus ait été utilisé contre d'autres ravageurs souvent de manière inopportune et dangereuse (Bull, 1982; OTA, 1990).

Dans un rapport spécial sur le problème acridien, le Bureau d'Evaluation Technique des Etats-Unis (OTA, 1990) a invité les bailleurs de fonds à supporter des efforts pour trouver des alternatives aux insecticides chimiques qui n'auront pas d'effets négatifs sur l'environnement.

2.2. Le développement d'un insecticide biologique

Comme la plupart des insectes nuisibles, les criquets ont une gamme d'ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes et maladies) qui contribuent à réguler leurs populations. Pourtant, ces ennemis naturels ne semblent pas être assez mobiles, abondants ou efficaces pour garder les populations des criquets à un niveau où ils ne causent pas de dégâts économiques, au moins pour les espèces migratrices. Alors, afin d'utiliser les ennemis naturels dans la lutte contre les criquets, il faut d'abord les produire en masse puis les lâcher sur des populations denses de ravageurs.

Les maladies des criquets sont plus appropriées à cette stratégie de lutte que les prédateurs ou les parasitoïdes. Les agents causatifs (bactéries, virus, protozoaires et champignons) peuvent être produits en masse et appliqués dans des formulations appropriées comme des insecticides. Cependant, parmi les agents pathogènes des criquets actuellement connus il n'y a que certains champignons deuteromycètes qui allient les attributs désirés de:

- production facile et moins chère;
- sécurité;
- spécificité d'hôte;
- formulation pour application UBV;
- bonne virulence et action relativement rapide.

En plus, les champignons pénètrent le cuticule de l'insecte comme un insecticide de contact. D'autres types de pathogènes, ex. les virus, les protozoaires et les bactéries, doivent être ingérés. Donc ils doivent d'abord être répandus sur la végétation, où ils sont dégradés rapidement sous la radiation solaire intense du Sahel.

Par ailleurs, des chercheurs de l'Institut International de Lutte Biologique (IIBC) ont récemment montré que les spores de champignons entomopathogènes peuvent être formulées dans de l'huile et restent très virulentes quand cette formulation est pulvérisée (Lomer & Prior, 1992; Bateman, 1992). Jusqu'ici les champignons pathogènes ont été utilisés dans des formulations aqueuses. Dans la lutte contre les criquets des régions arides du Sahel, l'utilisation de telles formulations est difficile logistiquement et en outre elles sont inefficaces: d'énormes quantités d'eau doivent être transportées pour le traitement de grandes superficies et un pourcentage important des gouttelettes s'évapore lors des traitements avant d'atteindre la cible. Pour cette raison, des formulations huileuses, pulvérisées à de très bas volumes par ha (ultra bas volume ou UBV), sont utilisées à présent pour déposer les insecticides chimiques sur les criquets. Donc le développement de formulations à base d'huile pour des champignons entomopathogènes les prédisposent à la technologie UBV qui est utilisée à présent dans la lutte contre les criquets.

Les champignons candidats, des souches particulières des genres *Metarhizium* et *Beauveria*, infectent la plupart des espèces acridiennes dont le criquet pèlerin, mais selon nos connaissances actuelles, ils ne sont pas virulents ou toxiques pour la plupart des autres insectes et pour tous les vertébrés. Ils se trouvent naturellement au Sahel et dans d'autres régions qui sont infestées par des criquets. Des technologies efficaces et moins chères de production en masse ont déjà été développées dans d'autres parties du monde pour des souches de ces champignons qui infectent d'autres insectes nuisibles. Il y a des techniques de grande échelle commerciale et de petite échelle.

3. LA PREMIERE PHASE DU PROGRAMME

3.1. Historique

Dans ce climat de souci pour l'environnement et sur la base des résultats des recherches rapportés ci-dessus un programme a été conçu fin 1989 pour le développement d'un insecticide à base des spores de champignon, ou myco-insecticide, pour la lutte contre les locustes et les sauteriaux (ci-après: le Programme) (voir Prior et al, 1992). Le Programme était une collaboration entre trois instituts:

L'Institut International de Lutte Biologique, un institut de CAB International (IIBC), Ascot, Angleterre

Les activités de l'IIBC ont été concentrées sur les tests d'efficacité d'isolats de champignons pathogènes contre le criquet pèlerin et sur le développement des formulations d'isolats efficaces qui:

- peuvent être stockées assez longtemps à des températures normales au Sahel
- donnent assez de protection aux spores contre la radiation solaire après pulvérisation
- peuvent être utilisées dans des appareils conventionnels de pulvérisation UBV

Ils travaillent aussi sur la méthodologie pour la production économique en masse de spores.

Le Programme de Lutte Biologique de la Division de Gestion de la Santé Végétale de l'Institut International d'Agriculture Tropical (IITA/BCP), Cotonou, Bénin

Une tâche importante de l'IITA/BCP était la formation de chercheurs africains et asiatiques sur les principes de l'entomopathologie, sur les études écologiques, sur la lutte biologique et sur les méthodes d'expérimentation sur le terrain. Un laboratoire d'entomopathologie a été installé dans les locaux de l'IITA/BCP de Cotonou avec la capacité d'isoler et d'identifier des champignons et de mener des recherches. Les recherches ont surtout été concentrées sur le criquet puant, *Zonocerus variegatus*, qui est le plus important dans la zone guinéenne de l'Afrique de l'Ouest. En 1991, une conférence internationale sur la lutte biologique contre les locustes et les sauteriaux a été organisée à Cotonou.

Le Département de Formation en Protection des Végétaux du Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS/DFPV), Niamey, Niger

Compte tenu de sa situation au milieu de la zone sahélienne le DFPV était l'institut le mieux placé pour mener les prospections de pathogènes de criquets. L'infrastructure existait pour isoler des champignons et pour tester l'efficacité des isolats sur un nombre d'espèces acridiennes, qui pouvait être capturées dans les environs. Un élevage de certains criquets était déjà en cours et pouvait facilement être élargi pour les besoins du Projet. Par conséquent, les tâches accordées au Projet étaient:

- Trouver de nouveaux pathogènes et de nouvelles souches de pathogènes déjà connus contre les locustes et les sauteriaux dans la zone sahélienne
- Tester l'efficacité de ces souches contre une gamme d'espèces acridiennes
- Tester les formulations développées à l'IIBC dans des grandes cages au terrain du DFPV et au champ contre le criquet pèlerin et plusieurs espèces acridiennes
- Contribuer à la production d'un tome dans la série "Acridologie opérationnelle" du DFPV/PRIFAS sur "Les Ennemis naturels des Criquets"

Des négociations entre DGIS, IIBC et CILSS ont abouti à l'inclusion de ces activités dans le programme régulier du DFPV à partir d'avril 1990 comme le Projet "Surveillance des Pathogènes des Criquets" (ci-après: le Projet). Le financement était assuré sur le budget régulier de la deuxième phase du DFPV. Dans la formulation de la troisième phase du DFPV ces activités ont été budgétisées comme un projet à part avec un financement de 695.400 florins néerlandais. La première phase du Projet sera terminée en avril 1993.

Le responsable technique du Projet était un expert néerlandais en acridologie assisté par un assistant de laboratoire, un assistant de terrain, un assistant d'élevage de criquets et un chauffeur.

3.2. Financement et gestion

La première phase du Programme a commencé début 1990 et sera terminée fin 1992. Elle a été financée par l'Agence Canadienne pour le Développement International (ACDI), l'Agence pour le Développement Outre-Mer (ODA), le Directorate Général de la Coopération Internationale (DGIS) et l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID). Le budget total du programme était environ 2,5 millions livres sterling, dont 390.000 contribués par DGIS (Annexe II). Les contributions de l'ODA et l'ACDI furent gérés ensemble pour minimiser l'administration et assurer une grande flexibilité. La contribution de l'USAID fut liée aux activités de l'IITA et celle du DGIS au DFPV.

Le Programme a été géré par un Comité de Gestion du Programme (PMC) comprenant le gestionnaire et le responsable scientifique du Programme (de l'IIBC) ainsi que les gestionnaires des instituts collaborateurs. Pour le DFPV, le Directeur et le Responsable de l'Appui Technique UAW du DFPV étaient membres du PMC.

Une mission conjointe d'évaluation de l'ACDI, du DGIS, de l'ODA et de l'USAID a eu lieu du 17 avril au 7 mai 1991. Les conclusions et recommandations figurent en Annexe VII. La mission a conclu que le programme n'était pas prêt à l'application des méthodes à une grande échelle à partir de décembre 1992 et qu'une extension du Projet s'avère nécessaire, surtout pour tester la technologie développée lors des essais sur le terrain.

3.3. Résultats

3.3.1. Exploration et essais d'efficacité (DFPV)

Pour faciliter la recherche de pathogènes un réseau a été établi groupant la plupart des pays membres du CILSS et quelques autres pays. Des

agents des services de protection des végétaux (SPV's) ont été désignés comme coordinateurs nationaux. Une indemnité et une contribution au carburant pour effectuer des déplacements ont été donnés aux coordinateurs. En plus, une prime spéciale a été payée à chaque personne qui a trouvé un champignon pathogène (voir aussi Kooyman et Shah, 1992a).

Le réseau a obtenu 8 isolats de *Metarhizium flavoviride*. L'expert a visité tous les pays membres du CILSS et a trouvé 3 isolats de la même espèce, tandis que l'acridologue du DFPV en a trouvé 2 de plus. Etant donné la rareté des champignons pathogènes dans la zone sahélienne cette récolte de 13 isolats est bonne (Kooyman & Shah, 1992b).

Tous les isolats collectés par le Projet ont été testés sur *Schistocerca gregaria* et se sont avérés très virulents. Quelques-uns sont même parmi les plus virulents de tous les isolats testés et seront utilisés pour le développement du myco-insecticide. Ils ont aussi été testés sur une dizaine d'autres espèces acridiennes et ont montré une bonne virulence contre la plupart de ces espèces. Les espèces du genre *Catantopus* forment une exception: à la dose utilisée elles sont beaucoup plus résistantes que les autres espèces. La mortalité commence normalement à partir du 4^{ème} ou 5^{ème} jour et le temps moyen jusqu'à une mortalité de 50% est de 5 à 7 jours selon l'espèce. Déjà 2 ou 3 jours après traitement, l'activité et la consommation des insectes commencent à diminuer.

Des colonies de 4 espèces acridiennes, *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, *Oedaleus senegalensis* et *O. nigeriensis*, ont été établies pour mener des essais d'efficacité. Les autres espèces sahéliennes ne pouvaient pas être élevées continuellement à cause de leur diapause obligatoire. Elles ne pouvaient être utilisées dans des essais que pendant la saison pluvieuse.

3.3.2. Formulation (IIBC)

Des formulations de spores dans de l'huile ayant des caractéristiques optimales pour la pulvérisation UBV ont été développées et leur capacité à tuer des locustes sous de faibles taux d'humidité a été établie. L'huile de la formulation est constituée entièrement de matériels localement disponibles (ex. pétrole et huile d'arachide). Des produits existants protecteurs contre l'UV ont été testés et quelques-uns doublent la durée de survie des spores sous l'UV artificiel. Les formulations peuvent déjà être stockées pendant plusieurs mois sous 20°C, mais la durée de conservation doit encore être améliorée surtout à des températures plus élevées.

3.3.3. Production en masse (IIBC)

Des méthodes ont été développées pour la production en masse des spores de *Metarhizium* sur des milieux simples comme du riz bouilli qui est mis dans des sachets de plastique. On a commencé des recherches sur les conditions nutritionnelles optimales pour les souches choisies et sur la possibilité d'utiliser des substrats moins chers: des résidus des brasseries se sont avérés très prometteurs. Une procédure simple d'extraction a été développée dans laquelle les spores sont apportées directement du riz dans le pétrole. Récemment on a découvert que *M. flavoviride* peut être produit en masse en fermentation liquide, ce qui augmenterait largement la production à un coût égal.

3.3.4. Essais de terrain (DFPV et IITA)

Une population naturelle de *S. gregaria* a été traitée par le DFPV à Wadi Anu-Makaren près d'Agadez au Niger. Des adultes ramassés immédiatement après le traitement commençaient à mourir à partir du 6^{ème} jour et la mortalité cumulative excédait 90% au 13^{ème} jour.

Des groupes d'individus de *S. gregaria* gardés dans des grandes cages grillagées à Niamey et traités *in situ* commençaient à mourir à partir du 6^{ème} jour et la mortalité excédait 95% au 12^{ème} jour.

Une parcelle de 1,5 ha le long du fleuve Niger avec une dense population de sauteriaux (surtout des larves de *Hieroglyphus daganensis* et *Cataloipus fuscocoeruleipes*) a été traitée et la mortalité suivie sur place. La mortalité commençait après 2 jours, surtout parmi les petites larves, et atteignait 90% après 7 jours.

Un nombre d'essais de terrain a été exécuté par l'IITA au Bénin. Le premier, en 1991, était un traitement d'une population de plusieurs espèces sur plusieurs ha. L'infection a été remarquée sur 8 espèces acridiennes 5 jours après le traitement. Deux traitements ont été faits en 1992 dans la Forêt de Lama sur des populations de *Zonocerus variegatus*. La mortalité était jusqu'à 90% et l'humidité était d'environ 30% pendant un des essais. La même année, plusieurs essais au nord du Bénin ont aussi montré une bonne mortalité.

Des données écologiques sur des sauteriaux et leurs prédateurs, parasitoïdes et pathogènes ont été collectées au Bénin. Ces données seront incorporées dans un modèle stochastique sur les interactions entre les sauteriaux et leurs ennemis naturels.

3.3.5. Formation (IITA)

Chaque année quelques étudiants du DFPV ont participé aux activités du Projet dans le cadre de leur mémoire d'étude. Le responsable du Projet a aussi contribué à certains cours de formation du DFPV.

Un atelier international sur la lutte biologique contre les locustes et les sauteriaux a eu lieu à Cotonou en 1991. Des experts et des invités de 20 pays africains et 10 pays étrangers y ont participé. Les différentes contributions ont été publiées en Anglais et une version française sera disponible vers la fin de 1992. Le Projet a contribué à 3 articles: Kooyman & Shah, 1992a; Prior et al, 1992; Smit, 1992.

Quatre étudiants PhD sont supportés par le Programme et par des fonds associés de la CEE. Un stage de formation a été organisé à Cotonou pour 13 chercheurs africains de 11 pays. Par conséquent, on s'attend à ce que plusieurs pays initient leurs propres programmes de recherches entomopathologiques en collaboration avec le Programme.

3.3.6. Publications (IIBC, DFPV, IITA)

Au début de la première phase du Programme une brochure a été publiée. La version française a été rédigée et financée par le Projet (Annexe VIII).

Les objectifs et la stratégie du Programme ont été publiés en 1992 dans les actes de l'atelier international sur la lutte biologique contre les locustes et les sauteriaux (Lomer & Prior, 1992). Cette publication présente l'état des connaissances sur ce thème.

Les résultats obtenus jusqu'en juillet 1992 ont été présentés lors de la 25^{ème} réunion annuelle de la Société de Pathologie des Invertébrés à Heidelberg, RFA. Le responsable du Projet a présenté les résultats des explorations (Kooyman & Shah, 1992b).

La parution du tome 8 de la série "Acridologie opérationnelle" sur les ennemis naturels des criquets est prévue début 1993. Ce livre est financé par le DFPV et contiendra une grande contribution du responsable du Projet.

4. OBJECTIFS D'UNE DEUXIEME PHASE

4.1. Objectifs à long terme du Programme

- Apporter une contribution à la lutte contre les criquets afin de diminuer les pertes dans les cultures de la zone sahélienne.
- Diminuer l'utilisation de produits chimiques et leurs effets négatifs sur l'environnement par le développement d'un myco-insecticide à base d'un champignon pathogène spécifique aux acridiens.

4.2. Objectifs à court terme du Projet

Pendant la première phase, une formulation provisoire d'un insecticide biologique a été développée. Le produit est à base de spores d'un champignon pathogène et est formulé dans un mélange d'huiles végétales et minérales pour permettre son utilisation dans des appareils de traitements conventionnels Ultra Bas Volume. Pendant la deuxième phase, il faut montrer l'efficacité de la formulation (ou une version améliorée) sous les conditions sahéliennes et la faisabilité de la méthode pour les SPV's. Donc les objectifs immédiats du Projet sont:

- Prouver l'efficacité des myco-insecticides contre les bandes larvaires et les essaims du criquet pèlerin
- Prouver l'efficacité des myco-insecticides contre les sauteriaux à une échelle opérationnelle.
- Renforcer les Services de Protection des Végétaux (SPV's) en Afrique qui sont intéressés à tester la faisabilité de l'application du myco-insecticide, par un réseau régional.
- Formation de techniciens des pays membres du réseau sur l'utilisation du myco-insecticide contre les criquets.
- Sensibilisation des futurs utilisateurs, surtout les SPV's des pays sahéliens, sur les acquis du Programme par la diffusion des informations et par l'organisation d'un atelier.

5. ACTIVITES DU PROGRAMME

Les activités du programme sont groupées dans des modules listés ci-après (pour plus de détails, voir l'Annexe VI):

Modules	Activités
Essais de terrain	- Essais sur les locustes - Essais sur les sauteriaux - Production en masse de spores
Recherches d'appui	- Application et formulation - Bio-essais, caractérisation et préservation - Etudes écologiques - Etudes microbiologiques sur la production en masse
Formation et réseau	- Formation de chercheurs - Formation de techniciens - Formation 3^{ème} cycle - Appui à des universités africaines sur les programmes d'études - Etablir et gérer un réseau d'agents PV et de chercheurs nationaux
Etudes additionnelles	- Evaluation de l'impact sur l'environnement - Analyse socio-économique

Les trois instituts collaborant dans le programme travaillent en étroite collaboration vers les objectifs. Par conséquent, il n'est pas toujours possible de faire une bonne délimitation d'activités. Compte tenu de la situation géographique du DFPV, sa vocation régionale et son objectif principal qui est la formation des techniciens, on s'est mis d'accord sur les activités suivantes pour le DFPV: les essais de terrain (en collaboration avec l'IITA/BCP), les bio-essais sur des sauteriaux sahéliens, une contribution aux études écologiques (menées principalement par l'IITA/BCP), la formation de techniciens, un appui à la formation 3^{ème} cycle (dans le budget régulier du DFPV) et la gestion du réseau. Les activités des autres instituts collaborateurs dans le Programme, IIBC et IITA/BPC, sont décrites dans Annexe VI.

5.1. Essais de terrain

Une série d'essais de terrain est prévu en collaboration avec les SPV's aussi bien sur des locustes que sur des sauteriaux. Les essais sur les sauteriaux auront lieu en principe au Niger, mais en cas de non-disponibilité de denses populations on pourrait faire des essais dans des pays voisins (ex. Burkina Faso ou Mali). Le criquet pèlerin, par contre, pose un problème. On ne peut pas savoir d'avance où des pullulations se présenteront. En plus, les zones de grégarisation sont souvent inaccessibles pour des raisons de sécurité. Donc on doit être assez flexible dans le choix de sites pour les essais prévus. S'il est impossible de faire ces essais au Niger, d'autres sites pourraient être trouvés en Mauritanie, au Mali ou au Soudan. Pour localiser des pullulations importantes on fait appel aux instituts et organisations compétentes dans le domaine: SPV's des pays concernées, FAO/ECLO (Dépt. Prévision Locustes), OCLALAV, DLCO-EA.

Dépendant de l'endroit et de l'espèce cible les essais concerneront:

- Des essais à petite échelle de moins d'un hectare (en partie dans des grandes cages) pour étudier la mortalité des insectes et les aspects de pathologie y inclus des comparaisons entre des souches de champignons, des formulations etc.
- Des essais à échelle moyenne de 4-10 ha pour montrer une réduction des populations
- Des essais à grande échelle de 10-100 ha avec des traitements aériens ou au sol pour montrer une réduction des populations d'espèces très mobiles
- Des essais sur des bandes larvaires et des essaims de locustes. En cas de non-disponibilité de populations grégaires (ou impossibilité d'accès) on doit recourir à des essais sur le terrain du DFPV avec des locustes élevés.

Ces essais représentent à peu près des étapes: quand on est satisfait d'un groupe d'essais, on poursuit avec les suivants. Cependant, dans la pratique il y aura un certain chevauchement. Les essais à petite échelle sont prévus surtout pour la première année, mais les grandes cages seront toujours disponibles en cas de besoin. Les essais à échelle moyenne sont prévus pour 1993/94 et ceux à grande échelle pour 1994/95. Les essais sur le terrain seront exécutés en étroite collaboration avec le Service de Protection de Végétaux dans le pays concerné.

Bien que la production en masse de spores se fera principalement à Cotonou, on établira une petite unité de production à Niamey pour plus d'autonomie et de flexibilité.

5.2. Essais d'efficacité

Les SPV's des pays dans le réseau continueront la recherche de nouveaux isolats. Le Projet concentrera ses essais d'efficacité sur les isolats des pays où des isolats locaux ne sont pas encore trouvés. Pour les autorités de quarantaine de ces pays la preuve de la présence de *Metarhizium flavoviride* dans leurs propres pays facilite l'introduction des isolats pour les essais de terrain, et finalement aussi l'introduction du myco-insecticide.

Le champignon doit encore être testé sur certaines espèces acridiennes, qui n'étaient pas disponibles en nombres suffisants pendant la première phase. Il est possible que le champignon *Beauveria bassiana* soit inclus dans les essais. Cette espèce a des souches très efficaces contre les sauteriaux des zones tempérées.

Les essais d'efficacité seront exécutés par l'assistant de laboratoire. Une partie des insectes nécessaire pour les essais sera élevée par l'assistant d'élevage. Le reste sera capturé par l'assistant de terrain dans les environs de Niamey.

5.3. Etudes écologiques

Jusqu'à maintenant on ne connaît pas comment les spores survivent d'une saison à la prochaine. Aussi le niveau d'infectivité des spores qui se trouvent dans le sol ou dans des (morceaux de) cadavres est inconnu. Des études seront faites pour tenter de résoudre ces questions.

Le succès d'un agent biologique est déterminé par sa spécificité. C'est pourquoi il est prévu d'évaluer la pathogénicité du champignon sur d'autres insectes non-acridiens sous des conditions naturelles par la prospection de l'insectifaune:

- dans les endroits où une épizootie sur des acridiens a eu lieu
- dans les parcelles des essais de terrain

Un étudiant PhD, déjà pris en charge par le budget du DFPV, participera dans ces études. Les études seront fait en collaboration avec l'Ecole Impériale, Ascot, RU, qui travaille sur un modèle d'épizootologie, et avec le Projet FAO/LOCUSTOX au Sénégal, financé par les Pays-Bas.

5.4. Réseau de collaborateurs

En avril 1992, le Programme a organisé une rencontre avec des représentants de SPV's ouest-africains, d'instituts nationaux de recherches agricoles (INRA's) et du CILSS pour discuter de la coopération future. Les participants se sont mis d'accord sur la création d'un réseau de SPV's et d'INRA's pour développer la connaissance de la lutte biologique avec des bio-insecticides et pour faciliter la participation des pays africains dans la deuxième phase du Programme.

Le réseau actuel des coordinateurs de collecte de pathogènes, sera élargi pour inclure les INRA's et pourrait aussi bénéficier des contacts déjà établis par le réseau Lutte Intégrée du CILSS et le réseau de la Gestion de la Santé Végétale de l'IITA. Les objectifs spécifiques du réseau sont l'échange de matériels (ex. isolats de champignons), de méthodes et de résultats, la fourniture d'informations et l'appui technique aux essais menés par les participants (essais du réseau). Les membres du réseau se réuniront une fois par an.

Un acridologue sahélien sera recruté par le DFPV pour assumer la gestion du réseau. Le réseau comprendra des instituts et des organisations intéressés à collaborer dans le programme avec les essais du terrain: des Services Nationaux de Protection des Végétaux, des Institutions de Recherche, OCLALAV, FAO/ECLO, DLCO-EA, etc.. L'acridologue sahélien assurera la formation sur place, la dissémination d'informations relatives au Projet et assistera les structures nationales dans l'élaboration des essais. Il assistera aussi le responsable dans l'organisation d'un atelier à la fin de la deuxième phase du Projet.

5.5. Formation

Les résultats obtenus dans le cadre du Projet seront inclus dans le programme régulier de formation des techniciens au DFPV (dans les cours qui traitent la lutte biologique). Quelques étudiants du DFPV participeront aux recherches dans le cadre de leur mémoire d'étude.

Le coordinateur du réseau assurera la formation des techniciens dans les pays qui collaborent dans le réseau. En plus, les techniciens seront formés "sur le tas" lors des essais menés en coopération avec les SPV's.

Un étudiant PhD, déjà pris en charge par le budget du DFPV, participera aux études sur l'écologie des pathogènes dans les conditions naturelles.

A la fin de la deuxième phase, un atelier de trois semaines est prévue pour les cadres des Services de Protection des Végétaux pour l'encadrement sur les acquis du Programme.

Le Projet donnera son appui à la formation de chercheurs africains et asiatiques prévue à l'IITA/BCP de Cotonou (2 fois par an pour une dizaine des participants). En particulier, le coordinateur du réseau aura un rôle important dans l'organisation de cette formation et, ainsi que le responsable technique du Projet, donnera certains cours.

5.6. Publications

Une lettre de liaison vise à maintenir les contacts avec les partenaires du réseau et à les informer sur les activités et les événements du Programme. La lettre de liaison sera publiée par le Projet. Le coordinateur du réseau sera responsable de l'édition. Egalement, des articles sur les activités du Projet pourraient être publiés dans SAHEL PV-INFO de l'UCTR-PV.

Pour l'exécution des essais du terrain dans les pays membres du réseau des fiches d'instructions seront élaborées par le Projet.

La parution du tome 8 de la série "Acridologie opérationnelle" sur les ennemis naturels des criquets (financé par le DFPV) est prévue début 1993.

Les résultats du Projet seront présentés lors de l'atelier qui sera organisé dans la dernière année du Programme. Ils seront aussi publiés dans des revues scientifiques internationales.

5.7. Analyse socio-économique

Le Programme a prévu l'engagement d'un consultant pour une étude socio-économique qui doit évaluer le côté économique et la probabilité d'adoption de la nouvelle technologie par les paysans, aussi bien que de faire la comparaison avec la lutte chimique. Le Projet donnera son appui à cette étude. Il y a une possibilité que le formateur en vulgarisation du DFPV soit impliqué dans cette étude.

5.8. Atelier sur la lutte biologique des acridiens

En 1995, un atelier sera organisé au DFPV (avec des financements en dehors du Projet) sur les acquis du Programme en matière de myco-insecticides et sur la portée internationale de la technologie proposée. Des représentants nationaux des SPV's et des INRA's ainsi que de certains organismes compétents seront invités à y assister. Le coordinateur du réseau assistera à l'organisation de cet atelier.

5.9. Liens avec des autres projets (voir Annexe ????)

Pour l'évaluation des effets secondaires d'applications du myco-insecticide contre les sauteriaux et les locustes sur les organismes aquatiques et terrestres non-cibles, le gestionnaire du Programme (de l'IIBC) a pris des contacts avec le projet LOCUSTOX, exécuté par le FAO et financé par les Pays-Bas, pour que pendant la deuxième phase du Programme ce projet inclue le myco-insecticide dans leurs tests pour estimer les risques environnementaux éventuels (bien qu'improbables).

Un projet de la CEE évalue la virulence des pathogènes (des champignons, des bactéries, des virus et des protozoaires) contre les acridiens. Le projet CEE regroupe un nombre d'universités et d'organisations des pays européens et des pays en voie de développement. Le Programme est inclus dans le réseau de cette collaboration.

Le Programme a aussi des contacts avec l'Université "Montana State", où on fait des recherches sur *Beauveria*, et avec leur collaborateur "MYCOTECH", une compagnie privée de production de spores.

6. INTRANTS

6.1. Infrastructure

Un bureau et un laboratoire pour le Projet étaient prévus dans le document de projet pour la troisième phase du DFPV. Cette infrastructure sera disponible début 1993. Une serre du DFPV est utilisée pour l'élevage des criquets. Six grandes cages (de 9x3x2 m) ont été construites sur le terrain du DFPV pour mener des essais comparatifs.

6.2. Personnel

6.2.1. Acridologues

Le Projet sera exécuté par un acridologue néerlandais qui est responsable du bon déroulement de toutes les activités et de la coordination de ces activités avec les autres instituts collaborateurs du Programme, et en particulier de l'exécution des essais de terrain et les études écologiques au Niger (voir termes de référence Annexe III).

Un acridologue/entomologiste africain sera recruté pour la coordination du réseau de collaborateurs, et pour les activités de la formation et de l'information (voir termes de référence Annexe III).

Les proportions du temps total qui seront consacrées aux différentes activités sont montrées dans le tableau qui suit (elles peuvent changer un peu en 1994/95):

Acridologues	Gestion	Essais de terrain	Essais d'efficacité	Etudes écologiques	Réseau	Essais du réseau	Formation
Responsable technique	0.1	0.5	0.1	0.1		0.1	0.1
Coordonnateur réseau					0.2	0.4	0.4

6.2.2. Personnel d'appui

Le personnel local comprendra:

- Un assistant de laboratoire qui s'occupera de la production des spores, les essais d'efficacité et le suivi des échantillons amenés au laboratoire.

- Un assistant de terrain qui assistera avec les essais de terrain et qui aidera l'assistant de laboratoire, quand il n'est pas sur le terrain.
- Un assistant d'élevage de criquets fournira les insectes pour les essais dans les grandes cages et sur le terrain du DFPV.
- Un aide-assistant d'élevage.
- Un chauffeur (pour la deuxième voiture, on fera appel à l'un des chauffeurs du DFPV ou à un chauffeur temporaire)
- Personnel temporaire en cas de besoin.

6.3. Equipement

La Landcruiser break du Projet doit être remplacée en 1993. La bâchée est en bon état et ne nécessite pas d'être remplacée pendant la deuxième phase du Projet. Les gros équipements disponibles au Projet sont un stéréomicroscope, un incubateur, un sonicateur, des micropipettes, un pulvérisateur UBV "micro-ulva", un ordinateur, une imprimante, une tente-bungalow pour six personnes et des matériels de camping.

Pour la deuxième phase il est prévu d'acheter entre autres un microscope, un ordinateur "lap-top" et un pulvérisateur UBV "ULVA mast" (essais de terrain), un secoueur, une autoclave et une balance (production de spores) et un incubateur (culture de champignons et élevage de criquets).

6.4. Apports du DFPV

Le DFPV assurera la gestion financière du Projet. En cas de besoin le Projet peut faire appel au formateur en acridologie du DFPV qui peut collaborer dans l'élevage des acridiens, les essais et la formation. Deux formateurs en entomologie et un formateur en phytopathologie sont disponibles pour consultation ou pour assistance dans les activités du Projet. Le volet information du DFPV rendra service au Projet dans les domaines suivantes: bibliothèque (acquisition, catalogage, classification, prêt) et information (listes d'adresses, publication et distribution).

7. BUDGET

Le budget du Programme est de 2,572 millions livres sterling ou $\pm$ 7,2 millions florins néerlandais (Annexe II, pour plus de détails voir Annexe VI). Le budget du Projet est de 1,63 millions florins néerlandais. Le budget complet et des explications sont présentés dans l'Annexe II.

BUDGET SOMMAIRE

LIGNE	POSTE	1993	1994	1995	TOTAL
9100	MISSIONS	0	39 200	0	39 200
9200	PERSONNEL	298 000	315 900	334 900	948 800
9300	CONTRATS	0	25 000	25 000	50 000
9400	INVESTISSEMENTS	120 000	0	0	120 000
9500	EXPLOITATION	113 000	119 800	127 800	359 800
9600	FORMATION	10 000	10 600	11 200	31 800
9900	IMPREVUS 5%	27 100	25 500	24 900	77 500
	TOTAUX	568 100	536 000	523 000	1 627 100

8. GESTION, RAPPORTAGE ET EVALUATION

La gestion administrative du Projet sera assurée par la direction du DFPV, tandis que l'expert néerlandais en acridologie aura la responsabilité technique. L'administrateur sera responsable des finances. Le Conseiller Principal sera responsable du Projet devant l'Ambassade Royale des Pays-Bas à Ouagadougou et le Directeur sera responsable du Projet devant les autorités compétentes du CILSS.

A un plus haut niveau, les activités du Projet, ainsi que celles des autres instituts collaborateurs, seront gérées par le Comité de Gestion (PMC), comme pendant la première phase (voir 3.2.). Le DFPV y sera représenté par son Directeur et son Conseiller Principal. Les donateurs sont invités aux réunions comme observateurs.

Le responsable technique du Projet rédigera tous les six mois (avril et octobre) un rapport d'avancement du Projet. Il doit faire le bilan des objectifs atteints et les résultats escomptés dans l'avenir à la lumière des propositions relatives au programme d'activités et leur financement tel qu'il est déterminé dans le document du Projet. Ces rapports seront envoyés à l'Ambassade néerlandaise à Ouagadougou, au responsable technique à l'IITA/BCP et au responsable scientifique du Programme (fonctionnaire de l'IIBC). Ce dernier fait une synthèse des rapports des trois instituts et la présente aux réunions du PMC. En même temps, des rapports financiers seront envoyés au gestionnaire du Programme (fonctionnaire de l'IIBC) pour inclusion dans son rapport au PMC.

A part la gestion générale, les travaux scientifiques seront coordonnés lors des réunions du personnel scientifique du Programme. Il y aura au moins une réunion par an et d'autres en cas de besoin. Les trois responsables seront toujours en contact par lettres, télécopie ou télex. Les résultats scientifiques seront publiés dans des revues scientifiques renommées.

Un rapport d'évaluation du Programme mi-parcours sera rédigé par une mission conjointe des donateurs (y compris les Pays-Bas) et des représentants des pays concernés (y compris le CILSS). La mission se prononcera sur la poursuite du Programme.

9. CONSIDERATIONS SPECIALES

9.1. Facteurs externes

Le succès d'une deuxième phase dépend de la disponibilité de populations de sauteriaux qui sont assez denses et qui couvrent des superficies assez grandes (>100 ha) ou, dans le cas du criquet pèlerin, la présence de bandes larvaires et/ou d'essaims. Des pluies relativement abondantes sont nécessaires mais pas suffisantes si leur répartition n'est pas bonne. Surtout dans le cas du criquet pèlerin, on ne peut pas être sûr que des populations grégaires se produiront. Les populations solitaires sont généralement trop dispersées pour faire des traitements et en plus, leur sensibilité au champignon pourrait être différente de celle des grégaires.

Il est prévue de minimiser ce risque par l'approche du réseau international. La stratégie du réseau, qui couvre les SPV's, la FAO/ECLO, l'OCLALAV et la DLCO-EA, doit assurer la localisation des pullulations d'acridiens. En cas de non-disponibilité de populations grégaires du criquet pèlerin, on aura recours à des essais sur le terrain du DFPV avec des locustes élevés.

9.2. Appui aux femmes

En Afrique, les femmes jouent un rôle très important dans la production agricole, surtout les cultures de subsistance et les cultures maraîchères. Malheureusement, c'est cette couche de la population qui est la plus défavorisée, quand il s'agit de l'accès au crédit pour acheter des intrants agricoles (engrais, insecticides etc.). Et même si certaines parmi elles disposent de peu de moyens pour l'achat d'insecticides, il leur manquerait le savoir-faire pour une utilisation des produits et des appareils de traitement qui minimise les risques pour la santé et l'environnement. En effet, la formation dans ce domaine ne vise souvent que les hommes. Un myco-insecticide pose moins de risques grâce à sa grande spécificité même quand il est utilisé par des personnes peu ou pas formées. Cependant, il faut une formation des utilisateurs(-trices) pour obtenir une bonne efficacité du produit. A cette occasion, les femmes ne seront pas oubliées.

9.3. Appui aux petits paysans

Presque les mêmes remarques peuvent être faites au sujet des petits paysans qui ne disposent pas de moyens suffisants pour des intrants agricoles et qui, par conséquent, forment un groupe marginal.

10. L'INSTITUT D'EXECUTION

Le Département de Formation en Protection des Végétaux (DFPV)

Sous financement du Gouvernement des Pays-Bas, le DFPV a été créé en 1981 pour répondre aux besoins des pays membres du Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) en matière de formation des cadres moyens en protection des végétaux. Son objectif principal est de contribuer à l'autosuffisance alimentaire de ces pays (Burkina Faso, Cap Vert, Gambie, Guinée-Bissau, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad) à travers des activités de formation et d'information visant à renforcer les capacités nationales dans la lutte contre les ennemis des cultures. Ces activités sont les suivantes:

- la formation des techniciens supérieurs en protection des végétaux (TSPV). Cette formation d'une durée de 2 ans est l'activité principale du DFPV.
- la formation complémentaire d'ingénieurs de travaux agricoles, de techniciens supérieurs et de formateurs d'écoles d'agriculture des pays membres du CILSS (durée 4 mois).
- la tenue d'ateliers de formation d'une durée de 3 semaines (2 par ans) sur des sujets actuels au Sahel.
- la diffusion d'informations techniques en matière de protection des végétaux à de différents utilisateurs (chercheurs, techniciens, formateurs etc.) à travers des brochures, des bulletins signalétiques et thématiques, des tirés-apart et des bulletins de liaison.
- la conduite de recherches appliquées à l'appui de la formation.

Le Projet "Surveillance des Pathogènes des Criquets" (SPC) est implanté au sein du DFPV qui lui assure à la fois un soutien administratif et logistique permettant ainsi la réalisation de ses objectifs. En outre, certains membres du personnel du DFPV participent aux activités du SPC, telles que l'élevage des criquets et les essais avec les myco-insecticides. De son côté, le SPC contribue à la formation au DFPV par l'encadrement par l'expert néerlandais des étudiants TSPV lors de leurs travaux de mémoires.

11. LES INSTITUTS COLLABORATEURS

L'Institut International de Lutte Biologique (IIBC)

L'IIBC, institut de CAB International, a été établi en 1927 et a pour mission la promotion de la lutte biologique dans le monde entier par des recherches, de la formation et la fourniture de services et d'information avec l'accent sur les besoins des pays en voie de développement. Le siège de l'IIBC se trouve à Ascot, Royaume-Uni, et il y a des stations régionales en Europe, en Amérique Latine, en Asie et en Afrique.

La participation de l'IIBC à la première phase du Programme a inclus:

1. la gestion du Programme par le gestionnaire et le responsable scientifique,
2. l'exploration de pathogènes de criquets en Arabie et au Pakistan,
3. l'entretien d'une colonie de criquets pèlerins pour des expériences en lutte biologique,
4. le bio-essai de la virulence de pathogènes de criquets,
5. la caractérisation et la préservation d'isolats choisis en collaboration avec l'Institut International de Mycologie (IMI),
6. le développement et l'essai de formulations de myco-insecticides et de technologie d'application en collaboration avec le Centre International de Recherches sur l'Application de

Pesticides (IPARC), 7. des recherches sur la production des spores et 8. l'appui et la supervision de quatre étudiants PhD en collaboration avec l'Université de Bath, RU, et l'Institut de Lutte contre les Ravageurs, Darmstadt, Allemagne.

L'IIBC continuera son rôle dans la gestion et la direction du Programme pendant la deuxième phase. Il fournira la base de recherches, les facilités et le personnel pour les bio-essais, les recherches microbiologiques sur la production des spores et les études sur la formulation et l'application. Il est prévu que le personnel scientifique basé à Ascot contribuera l'équivalent de 1,6 chercheur/an aux essais sur le terrain et à la formation en Afrique, tandis que 1,4 chercheur/an sera consacré aux recherches au RU.

Le Programme de Lutte Biologique (BCP)

Le BCP est un programme de la Division de Gestion de la Santé Végétale (PHMD) de l'IITA. Il fournit la base à Cotonou, Bénin, pour l'intégration des activités du Programme dans un "projet commun" établi par accord officiel entre l'IIBC et l'IITA en 1990. Les travaux à Cotonou sont gérés par le Directeur de la PHMD; l'entomopathologiste de l'IIBC, qui est basé à Cotonou, assurera la direction technique. Le personnel du projet commun compte en outre un deuxième entomopathologiste et deux assistants techniques. Le projet commun reçoit l'appui administratif et logistique de l'IITA et est entièrement intégré dans la structure gestionnaire de l'institut. Ses activités principales sont l'essai de myco-insecticides sur le terrain, des études écologiques d'acridiens et de leurs pathogènes, des recherches sur la production des spores et la formation de chercheurs nationaux.

Une colonie de criquets pèlerins est entretenue à Cotonou. Elle a été utilisée pour fournir des insectes pour des essais préliminaires dans des cages et sur le terrain, qui ont montré l'efficacité des formulations de myco-insecticide. Le BCP fournit aussi une base pour des études sur l'écologie et les facteurs de mortalité du criquet puant *Zonocerus variegatus*, un insecte nuisible important de la zone humide en Afrique, et pour des essais menés par le Programme avec des myco-insecticides contre les sauteriaux dans le riz irrigué du nord du Bénin.

Pendant la deuxième phase, l'entomopathologiste principal à Cotonou sera responsable pour les activités de recherche en Afrique avec un accent particulier sur le programme d'essais de terrain.

12. REFERENCES

- Bateman, R.P. (1992). Controlled droplet application of myco-insecticides: an environmentally friendly way to control locusts. *Antenna* 16: 6-13.
- Brader, L. (1988). Control of locusts and migratory grasshoppers. BCPC Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases - 1988. Pp. 283-288.
- Bull, D. (1982). A growing problem: pesticides and the third world poor. Oxfam, UK.

- Everts, J.W. (Ed.) (1990). Environmental effects of chemical locust and grasshopper control. Report on Project ECLO/SEN/003/NET. FAO, Rome. 277 pp. + annexes.
- Kooyman, C. & Shah, P. (1992a). Exploration for locust and grasshopper pathogens. *In: Biological control of Locusts and Grasshoppers* (Eds.: C.J. Lomer and C. Prior), p. 208-213. CAB International, UK. 394 pp.
- Kooyman, C. & Shah, P. (1992b). Exploration for pathogens of locusts and grasshoppers. Presentation to the XXVth Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology, Heidelberg, FRG, 16-21 August, 1992.
- Lomer, C.J. & Prior, C. (Eds.) (1992). Biological control of locusts and grasshoppers. CAB International, UK. 394 pp.
- OTA (1990). Special report: a plague of locusts. Congress of the United States: Office of Technology Assessment, USA. 129 pp.
- Prior, C. & Greathead, D.J. (1989). Biological control of locusts: the potential for the exploitation of pathogens. *FAO Plant Protection Bulletin* 37: 37-48.
- Prior, C., Lomer, C.J., Herren, H., Paraíso, A., Kooyman, C. & Smit, J.J. (1992). The IIBC/IITA/DFPV collaborative research programme on the biological control of locusts and grasshoppers. *In: Biological control of Locusts and Grasshoppers* (Eds.: C.J. Lomer and C. Prior), CAB International, UK: 21-25.
- Smit, J.J., (1992). CILSS/DFPV; The Permanent Interstate Committee for Drought Control in the Sahel, and the Department of Crop Protection Training, Niger. *In: Biological control of Locusts and Grasshoppers* (Eds.: C.J. Lomer and C. Prior), CAB International, UK: 30-37.
- Steedman, A. (Ed.) (1990). The locust handbook. 3rd edition. Natural Resources Institute, UK. 204 pp.
- Symmons, P. (1992). Strategies to combat the desert locust. *Crop Protection* 11: 206-212.

ANNEXES

ANNEXE I.

ABREVIATIONS

ACDI	Agence Canadienne pour le Développement International
BCP	Biological Control Programme (IITA)
CABI	Commonwealth Agricultural Bureau International
CEE	Communauté Economique Européenne
CILSS	Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
DFPV	Département de Formation en Protection des Végétaux (Niger)
DGIS	Directorat Général pour la Coopération Internationale (Pays-Bas)
DLCO-EA	Desert Locust Control Organisation of East Africa
ECLO	Emergency Centre for Locust Operations (FAO)
FAO	Organisation de Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
IIBC	International Institute of Biological Control (CABI)
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
IMI	International Mycological Institute (CABI)
INRA	Institut National de Recherches Agricoles
IPM	Integrated Pest Management
LOCUSTOX	Projet sur l'Impact de la Lutte Antiacridienne sur l'Environnement
LUBILOSA	Lutte Biologique contre les Locustes et les Sauteriaux
OCLALAV	Organisation Commune de Lutte Antiacridienne et de Lutte Antiaviaire, Dakar
ODA	Overseas Development Administration (RU)
OTA	Office of Technology Assessment (Congress of the United States)
PHMD	Plant Health Management Division (IITA)
PMC	Programme Management Committee (Comité de Gestion du Programme)
PRIFAS	Programme de Recherche Interdisciplinaire Français sur les Acridiens du Sahel
SPC	Surveillance de Pathogènes de Criquets (DFPV)
SPV	Service de Protection des Végétaux
UAW	Université Agronomique de Wageningen (Pays-Bas)
UBV	ultra-bas volume
UCTR-PV	Unité de Coordination Technique Régional en Protection des Végétaux
USAID	United States Agency for International Development
UV	ultra-violet

ANNEXE II.

BUDGET SOMMAIRE DE LA PREMIERE PHASE DU PROGRAMME (£1,000s)

	1990	1992	1993	TOTAL
PERSONNEL	297	308	301	906
CAPITAL	295	33	1	329
OPERATIONS	255	232	172	659
FORMATION	48	95	55	198
SOUS-TOTAL	895	668	529	2,092
FRAIS ADMINISTRATIFS	198	164	128	490
TOTAL	1,093	832	657	2,582

BUDGET SOMMAIRE DE LA DEUXIEME PHASE DU PROGRAMME (£1,000s)

	1993	1994	1995	TOTAL
PERSONNEL	350	370	393	1,113
CAPITAL	106	0	0	106
VOYAGES & PER DIEM	67	72	76	215
OPERATIONS	156	150	92	398
FORMATION	80	115	90	285
SOUS-TOTAL	759	707	651	2,117
FRAIS ADMINISTRATIFS	148	160	147	445
TOTAL	907	867	798	2,572

BUDGET COMPLET DU PROJET

LIGNE	POSTE	1993	1994	1995	TOTAL
9100	MISSIONS				
130	Mission d'évaluation		39 200		39 200
	SOUS-TOTAL		39 200		39 200
9200	PERSONNEL				
210	Expert néerlandais	150 000	159 000	168 500	477 500
220	Expert africain	70 000	74 200	78 700	222 900
230	Personnel d'appui				
31	Assistant laboratoire	26 000	27 600	29 300	82 900
32	Assistant élevage	7 000	7 400	7 800	22 200
33	Assistant terrain	15 000	15 900	16 900	47 800
34	Chauffeur	14 000	14 800	15 700	44 500
35	Manoeuvre	7 000	7 400	7 800	22 200
36	Personnel temporaire	9 000	9 500	10 100	28 600
	SOUS-TOTAL	298 000	315 900	334 900	948 800
9300	CONTRATS				
310	Frais avions traitement		25 000	25 000	50 000
	SOUS-TOTAL		25 000	25 000	50 000
9400	INVESTISSEMENTS				
410	Equipements				
11	ULVA mast	5 500			5 500
12	Secoueur	1 500			1 500
13	Autoclave	6 000			6 000
14	Incubateur	15 000			15 000
15	Balance	3 000			3 000
16	Ordinateur lap-top	2 500			2 500
17	Microscope de terrain	4 000			4 000
18	Réfrigérateur pour voiture	1 000			1 000
19	Frais expédition	11 500			11 500
420	Voiture	70 000			70 000
	SOUS-TOTAL	120 000			120 000

9500	EXPLOITATION				
510	Bâtiments	5 000	5 300	5 600	15 900
520	Equipements	7 000	7 400	7 800	22 200
530	Voitures				
31	Carburant	25 000	26 500	28 100	79 600
32	Entretien	12 000	12 700	13 500	38 200
33	Assurances	2 000	2 100	2 200	6 300
540	Frais de bureau	7 000	7 400	7 800	22 200
550	Lettre de liaison	1 000	1 100	1 200	3 300
560	Biens consommables	10 000	10 600	11 200	31 800
570	Voyages professionnels	44 000	46 600	49 400	140 000
	SOUS-TOTAL	113 000	119 800	127 000	359 800
9600	FORMATION				
620	Formation dans les pays	10 000	10 600	11 200	31 800
	SOUS-TOTAL	10 000	10 600	11 200	31 800
9900	IMPREVUS 5%	27 100	25 500	24 900	77 500
	TOTAUX	568 100	536 000	523 000	1 627 100

N.B.: Un taux d'inflation de 6% est supposé entre les années

EXPLICATIONS

- 9130 Mission d'évaluation: représentant du DGIS (salaire 700 florin néerlandais par jour et DSA selon tarifs NU); représentant du CILSS (40.000 F CFA DSA selon barèmes CILSS). Une semaine IIBC (Angleterre), une semaine DFPV (Niger) et une semaine IITA (Bénin)(24 jours). Frais de voyage 5000 florins néerlandais par personne.
- 9120 Selon les barèmes CILSS
- 9130 Selon les barèmes CILSS, y inclus les per diem pour les essais de terrain et d'autres voyages: assistant laboratoire 30 j., assistant terrain 120 j., chauffeur 140 j. Personnel temporaire: deuxième chauffeur et manoeuvres + per diem (100 personne.jours) et les per diem des agents PV collaborant dans les essais de terrain (75 personne.jours).
- 9420 Remplacement de la Landcruiser utilisée pendant la première phase.
- 9531 Basé sur 50.000 km moyen par voiture par an (principalement essais de terrain dans les pays sahéliens).
- 9570 Deux réunions du Comité de Gestion (PMC) par an (une en Europe ou en Afrique et une à Washington (Centres Week)) pour les deux membres du DFPV et un représentant ou un consultant des Pays-Bas (voyage + DSA). Une conférence scientifique internationale par an (une personne). Deux voyages du coordonnateur du réseau par an dans la région pour maintenir le réseau régional et deux voyages par an à Cotonou pour la formation. Un voyage par

an dans un pays où il y a de criquets pèlerins. Voyages imprévus (deuxième voyage criquets, réunion scientifique imprévue, etc.?).

- 9620 Entraînement des équipes nationales pour exécuter les essais du réseau (5000 florins néerlandais pour 10 personnes pendant une semaine; deux pays par an).

ANNEXE III.

TERMES DE REFERENCE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE

Acridologue néerlandais (responsable technique)

- Superviser toutes les activités du Projet
- Maintenir le contact avec les autres instituts collaborateurs du Programme pour coordonner les activités et répartir les tâches
- Maintenir le contact avec les SPV's des pays où les essais auront lieu, pour s'assurer de leur collaboration
- Planifier et exécuter les essais de terrain
- Planifier et exécuter les essais d'efficacité et les études écologiques
- Organiser l'élevage de criquets en collaboration avec l'acridologue du DFPV
- Etablir une unité de production en masse de spores pour les essais
- Assister aux activités de formation, ex. par dispenser des cours et superviser des étudiants MSc ou PhD.
- Gérer les locaux, le parc véhicule et les équipements du Projet

Acridologue africain (coordinateur réseau)

- Prendre contact avec les SPV's et les INRA's pour la création du réseau de recherches
- Fournir aux membres du réseau des informations sur les activités du Programme et toute autre information demandée
- Solliciter auprès des membres du réseau des informations sur leurs activités dans le cadre du Programme
- Rédiger une lettre de liaison
- Visiter les pays où les activités de recherches sont menées et apporter l'appui requis
- Assister dans l'organisation des stages de formation à Cotonou et y dispenser des cours
- Organiser un atelier sur les aspects techniques de l'utilisation des myco-insecticides

ANNEXE IV.

STRUCTURE LOGIQUE

STRUCTURE DU PROJET

INDICATEURS DE REUSSITE

MOYENS DE VERIFICATION

SUPPOSITIONS IMPORTANTES

OBJECTIF A LONG TERME

1. Développement d'un insecticide biologique à base d'un champignon pathogène contre les criquets dans le but de réduire la dépendance sur les insecticides chimiques.

1. Acceptation et adoption de la méthode par les autorités nationales et régionales et par les cultivateurs

- 1a. Demande pour le produit
- 1b. Réduction de l'utilisation de produits chimiques
- 1c. Rapports verbaux et écrits
- 1d. Evaluation externe

- 1a. Faisabilité technique
- 1b. Capacité technique des groupes utilisateurs
- 1c. Viabilité socio-économique

OBJECTIFS A COURT TERME

1. Prouver l'efficacité de ce myco-insecticide contre les bandes larvaires et les essaims du criquet pèlerin

1. Des bandes et des essaims traités (presque) complètement détruits

- 1a. Publications d'articles scientifiques
- 1b. Evaluation externe

- 1a. Disponibilité de bandes larvaires et d'essaims
- 1b. Production adéquate du myco-insecticide

2. Prouver l'efficacité du myco-insecticide développés contre les sauteriaux à une échelle opérationnelle (au moins 100 ha)

2. Démonstration d'une réduction significative de populations de sauteriaux

- 2a. Publications d'articles scientifiques
- 2b. Evaluation externe

- 2a. Disponibilité de populations assez denses
- 2b. Production adéquate du myco-insecticide

3. Prouver la faisabilité de la méthode par les SPV's

3. Méthode utilisée par quelques SPV's

3. Rapports des SPV's

3. Coopération des SPV's

IV-2

- | | | | |
|--|---|--|--|
| 4. Améliorer la connaissance et l'expérience pratique des chercheurs africains et asiatiques et des agents PV en matière des myco-insecticides | 4a. 3 pays africains participent dans les essais sur le terrain
4b. 5 pays africains actifs dans un réseau de recherches | 4a. Rapports des SPV's et des INRA's
4b. Rapports du réseau | 4a. Coopération des autorités nationales
4b. Fonds pour les activités du réseau disponibles |
|--|---|--|--|

RESULTATS ATTENDUS

- | | | | |
|---|--|--|---|
| 1. Une formulation de myco-insecticide qui peut être utilisée dans les appareils UBV conventionnels et qui est efficace sous les conditions sahéliennes | 1. Démonstration statistiquement viable de l'efficacité de la formulation | 1a. Publications d'articles scientifiques
1b. Evaluation externe | 1a. Production adéquate de spores
1b. Fonds adéquats disponibles |
| 2. Un modèle de l'épidémiologie du champignon pathogène | 2. Des méthodes proposées pour stimuler l'impact des ennemis naturels sur les criquets | 2. Publications d'articles scientifiques | 2. Fonds adéquats disponibles |
| 3. Un réseau de recherches sur la lutte biologique contre les criquets | 3. Les activités du réseau | 3a. Rapports du réseau
3b. Rapports des INRA's
3c. Publications d'articles scientifiques | 3a. Chercheurs bien formés et motivés
3b. Engagement des autorités locales |

ANNEXE V.

SCHEMA DES ACTIVITES

ACTIVITES	1993												1994												1995												
Description	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
GESTION																																					
Gérer activités	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Engager coordinateur			x	x	x																																
ESSAIS DE TERRAIN																																					
Liaison avec SPV's et INRA's	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	i	i	i	x	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	x	i	i	i	i	i	i	i	i	
Faire l'élevage de criquets	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	x	x	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	x	x	x	x	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	
Produire des spores	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Essais grandes cages/îles vertes	x	x	x	x							x	x	x	x	x	x																					
Essais de terrain					x	x	x	x	x	p	p	p	p	p		x	x	x	x	x	p	p	p	p	p	p		x	x	x	x	x	p	p	p		
Publier les résultats													i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
ESSAIS D'EFFICACITE																																					
Faire l'élevage de criquets	i	i	i	i	i	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	i	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i				
Essais	i	i	i	i	i	i	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	i	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i				
Publier les résultats													i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
ETUDES ECOLOGIQUES																																					
Travaux sur le terrain					x	x	x	x	x							x	x	x	x	x									x	x	x	x	x				
Publier les résultats													i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
RESEAU DE COLLABORATEURS																																					
Gérer le réseau	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Liaison avec SPV's et INRA's	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	
Etablir "Steering Committee"	x	x	x	x	x	x																															
Réunions de planification	x	x											x	x																							
Recherches des membres					x	x	x	x	x	x	i	i	i	i	i	x	x	x	x	x	x	i	i	i	i	i	i	i	x	x	x	x	x				
Formation chercheurs	x	x	x										x	x	x												x	x	x								
Formation techniciens																																					

x - permanent
 i - intermittent
 p - possible

THE LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAMME

**Proposal for a Second Phase
1993–1995**

Presented by:

The International Institute of Biological Control

(CAB International)

The Plant Health Management Division

(The International Institute of Tropical Agriculture)

Le Département de Formation en Protection des Végétaux

(Le Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel)

LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAMME

PHASE 2 PROPOSAL

(16 July 1992)

CONTENTS

	<u>Page</u>
EXECUTIVE SUMMARY	(i)-(iii)
1. INTRODUCTION	1
1.1 Environmental Effects of Widespread Insecticide Application	1
1.2 The Development of a Biological Insecticide for Locusts and Grasshoppers	2
2. THE LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAMME - PHASE 1	4
2.1 Objectives	4
2.2 Support and Structure	5
2.3 Progress to Date	5
3. THE PRESENT STATUS OF MYCOINSECTICIDE DEVELOPMENT	8
4. THE PHASE 2 PROPOSAL	9
4.1 Objective	9
4.2 The Programme Plan	9
<u>Module 1: Field Testing and Spore Production</u>	9
<u>Module 2: Applied Research in Support of Field Testing</u>	10

Application & Formulation
Biological Assay, Characterization & Preservation
Ecological Studies
Microbiological Studies

<u>Module 3: Training and Networking</u>	12
--	----

Training
Networking

<u>Module 4: Environmental and Socio-economic Assessment</u>	13
--	----

Environmental Impact Assessment
Socio-economic Analysis of Biopesticide Use

4.3	Expansion of the programme	13
4.4	Disengagement Procedures	15
4.5	Social and Gender Issues	15
5.	ADMINISTRATION AND FINANCE	16
5.1	Phase 2 Management	16
5.2	Phase 2 Budget	16
6.	References	19

APPENDICES:

1.	Participating Organisations and Their Responsibilities	20
2.	Collaborative Linkages to Other Institutions and Their Activities	22
3.	Achievements of Phase 1	25
4.	Summary Budget	30
5 A.	Logical Framework	31
5 B.	Work Breakdown Structure	34
5 C.	Implementation Schedule	37
6.	Acronyms	39

moderate the effects of ultra-violet light on spore viability, the longevity of formulations in storage and in the field was enhanced.

The pathogen selected, a green fungus called *Metarhizium*, is harmless to man and other animals.

Field trials of this prototype fungal biopesticide began in 1991. So far, small-scale trials on natural populations of grasshoppers and locusts in Benin and Niger have consistently demonstrated success in killing over 90% of insects in 7-10 days. Further, studies have shown that infected locusts stop feeding and flying after 3-4 days, so that several days before they die their pest status and the threat they pose are greatly reduced.

Parallel to this work in Africa, studies on the mass production of the fungus spores were initiated. Methods to produce locust-killing *Metarhizium* were developed which involved the use of simple substrates available in affected countries. The process is inexpensive, and the ultimate aim of the project is to enable locust and grasshopper affected countries to produce and distribute these biological pesticides locally or regionally, making the entire process of locust control more sustainable.

Further, the biopesticide technologies developed for locust control may be extended to other important pests, many of which are attacked by safe and specific fungal pathogens.

Second Phase:

By the end of the first Phase of the programme in December 1992, the feasibility of the production and use of this novel biopesticide will have been demonstrated. A three-year second phase is now being planned to begin in January 1993 with the primary objective of demonstrating the practical control of locusts and grasshoppers by mycoinsecticides on an operational field scale.

The second phase programme plan is built round a series of detailed field trials with participating national programmes to evaluate and develop the mycoinsecticide as a practical control tool. In any one national programme, field trials will begin with small-scale baseline studies to establish appropriate spray formulations, application methods and sampling plans. Then, the scale of the trials will be increased to the level of present, or typical, chemical control, involving land or air-based application over tens of hectares.

To achieve this plan, activities will be organized into four core modules (3-year cost estimates in UK £1,000):

1. Field testing and spore production (£1,015)
2. Applied research in support of field testing (£497)
 - Application and formulation research
 - Biological assay, characterization and preservation
 - Ecological studies
 - Microbiological research on mass production systems
3. Training and networking (£562)
4. Environmental and socio-economic assessments (£126)

EXECUTIVE SUMMARY

This proposal seeks donor support to provide UK £2.57 million for a three-year continuation of a collaborative research programme to develop a mycoinsecticide for the biological control of locusts and grasshoppers.

Background:

Plagues of locusts and grasshoppers represent a recurrent and serious threat to agriculture in Africa, Arabia and the Indian subcontinent. Between 1985 and 1988, populations of several locust and grasshopper species, notably the desert locust and the Senegalese grasshopper, reached epidemic proportions in these regions.

A major, donor-funded emergency control programme was implemented, based on the extensive use of broad spectrum chemical insecticides applied from the ground and the air. Some two million litres of pesticide were sprayed in four Sahelian countries alone, and the total costs of the campaign were around \$US 275m.

This widespread use of broad spectrum, chemical insecticides generated much concern in both affected and donor countries. While persistent organochlorine insecticides like dieldrin had been banned in many countries before the 1985-88 plague, the organophosphate insecticides which replaced them still posed short-term risks to applicators, non-target organisms (including natural predators and parasites of locusts and grasshoppers), and the environment.

A need was perceived for an environmentally safe and sustainable alternative to chemicals for the control of locusts and grasshoppers. Accordingly, in 1989, donor agencies from Canada, Netherlands, UK, and USA supported an innovative research programme to develop a biological pesticide for locusts and grasshoppers, based on a natural and specific fungal pathogen of these pests, which could partly or wholly replace dependence on broad-spectrum chemicals.

The three year programme has involved cooperation between the International Institute of Biological Control (IIBC, an Institute of CAB International), the Biological Control Program (BCP) of the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) in Cotonou, Benin and the Département de Formation en Protection des Végétaux (DFPV) in Niger.

The control of locusts by chemicals has been based on ultra low volume (ULV) technology in which a fine mist of oil droplets containing the insecticide is sprayed from the air or ground. This allows good coverage of the pest and the vegetation it feeds on without use of water to formulate the spray; this is necessary because water is bulky and evaporates quickly in deserts. Unfortunately, most previous work on biological pesticides, which include fungi, viruses and bacteria specific to certain insects, has concentrated on application in water formulations. The programme's strategy was to build upon a discovery by IIBC that the spores of insect-killing fungi could be effectively formulated in oil and, indeed, were more effective in oil than in water. Further, fungi were good biological control agents because spores impacting on locusts in oil droplets quickly germinated and penetrated the body of the insect, killing it in a matter of days.

An exploration programme was mounted in Arabia, the Indian subcontinent and West Africa to find local, virulent fungal pathogens of locusts. Strains adapted to high temperature were found and developed as oil-based ULV formulations. By selecting the oils and sunscreen additives to

Adding a requirement of £373,000 for the management of the programme, the total cost over 3 years is estimated to be UK £2.57 million.

The four core modules focus on the execution of collaborative field trials in only three selected countries. The programme is designed to encourage the expansion of this activity to more countries by assisting them to find sources of funding from bilateral aid agencies. It has been estimated that a full 3-year budget for one country to join the field testing programme and to develop its own capacity to use the mycoinsecticide will be UK £160,000.

1. INTRODUCTION

Locusts, particularly the desert locust (*Schistocerca gregaria*) and grasshoppers (eg. *Oedaleus senegalensis*) are the most serious insect pests of agriculture in the Sahelian region of Africa. While grasshoppers cause chronic losses to cereals and a range of other food crops, locusts exhibit irregular, devastating outbreaks across vast areas reaching from West Africa to India.

During recession periods between plagues, desert locusts occur as sparse populations of individuals, causing no economic damage. However, when breeding conditions become favourable and food is abundant, populations increase and the insects enter a gregarious phase. Bands of gregarious immatures, or hoppers, form over larger areas, and eventually flying swarms of adults are produced. A swarm may contain as many as 50 million adults per square kilometre (Steedman, 1990). In Sudan in 1988, there were swarms covering 150 square kilometres (Brader, 1988). A large swarm may weigh 80,000 tonnes and eat this weight in green vegetation every day (Steedman, 1990). Where they settle, crops and natural vegetation are literally eaten to the ground.

At present, the only option for locust or grasshopper control is the application of chemical insecticides. Control programmes against locusts have involved extensive ground and aerial application of chemicals, both in agricultural and non-agricultural habitats. During the last plague, chemical control campaigns between 1986 and 1989 cost US \$ > 400 million, of which international donors provided US\$ > 200 million (Symmons, 1992). Almost half of this cost was born by the afflicted countries in Africa, the Middle East and Asia. Costs for grasshopper control were also high, about \$US 62 million between 1986-87 (Brader, 1988).

Traditionally, chemical control of locusts has involved the application of low doses of highly persistent pesticides, like dieldrin, against hopper bands. Today, dieldrin has been banned in most countries and replaced by less persistent organophosphates. Because these chemicals break down more quickly, they must be applied frequently. This means that hopper bands are no longer realistic targets, because the vast areas of natural habitat which they cover cannot be economically covered with pesticide on a repeated basis. This focuses attention on the control of adult swarms, which is not easy (Symmons, 1992).

The net effect overall has been a dramatic increase in the volume of pesticide used, a consequent tenfold increase in cost (Brader, 1988) and little evidence of effective control.

1.1 Environmental effects of widespread insecticide application

The scale of insecticide use in the latest locust plague gave rise to concern for the environmental impact of chemicals applied over such large areas and in such fragile and poorly-understood natural ecosystems (OTA, 1990; Everts, 1990). Fenitrothion, the most widely used insecticide, was the most harmful of three insecticides tested in a pilot-scale ecotoxicological study (Everts, 1990).

Broad spectrum pesticides, such as those presently used, will affect a large range of other insects besides locusts, including the natural enemies of locusts which are thought to confer a degree of

natural control (Prior and Greathead, 1989; Steedman, 1990). Killing these and other non-target organisms may have effects higher up the food chain, by limiting food for vertebrate predators like migrating storks. In addition, organophosphate insecticides pose a risk to the health of animals and man.

The stockpiling of many thousands of litres of insecticides for locust control poses its own environmental hazards. Old containers leak concentrated insecticides into soils and pollute aquifers, while empty insecticide containers are widely used for storage of water, with consequent health risks (Bull, 1982; OTA, 1990). The pollution hazards arising from insecticide leakage and inappropriate disposal have led to expensive, donor-funded programmes for their safe disposal.

Not surprisingly, with so much excess insecticide to hand, these chemicals have been used against other pests in an inappropriate and sometimes hazardous manner (Bull, 1982; OTA, 1990).

In a special report on the locust problem, the US Office of Technical Assessment (OTA, 1990) called on donors to support efforts to find environmentally-friendly alternatives to chemical insecticides.

It was in this climate of concern that the Locust and Grasshopper Biological Control Programme was developed. In three years, this programme has identified, developed and brought to the field a promising alternative to pesticides, based on a safe, specific disease of grasshoppers and locusts which can be applied using the conventional machinery of locust and grasshopper control.

1.2 The development of a biological pesticide for locusts and grasshoppers

Like most insect pests, locusts and grasshoppers have a range of natural enemies; predators, parasites and diseases, which contribute to the suppression of their populations. However, these natural enemies do not appear to be sufficiently mobile, abundant or effective to give economical control of these pests when they invade agricultural crops. Thus the only practical option for using natural enemies is to mass produce and release them in outbreak populations of pests.

The diseases of locusts and grasshoppers are most appropriate to this kind of control strategy. The causative agents; bacteria, fungi, viruses and protozoa can be mass produced and applied like pesticides to outbreak populations. However, of all the known locust and grasshopper diseases discovered to date, only certain deuteromycete fungi combine the desirable attributes of (i) cheap and easy production, (ii) safety, (iii) host specificity (iv) formulation for application as a spray using existing technology and (v) high virulence and relatively rapid action.

Furthermore, fungi penetrate directly into the pest, like a contact insecticide. Other kinds of pathogens, eg. viruses, protozoa and bacteria, must be ingested by the insect. This means that they must first be sprayed on plant surfaces, where they are subject to rapid degradation under the intense solar irradiation of Sahelian regions.

Recent, innovative work by scientists at the International Institute of Biological Control (IIBC) has shown that spores of insect-pathogenic fungi can be effectively formulated in oil and show high virulence when sprayed in this manner (Lomer & Prior 1992; Bateman, 1992). Conventional use of fungal pathogens relied on water formulations. This has particular relevance to locust and grasshopper control because conventional water formulation of fungal spores is logistically

difficult and ineffective in arid Sahelian regions: very large volumes of water must be found and carried for treatment of large areas, and spray droplets are likely to evaporate before they hit the target. Because of this, oil formulations, applied at very low rates (ultra low volume or ULV) are presently used to deliver chemical pesticides to locusts. Hence, the development of oil-based formulations for insect-pathogenic fungi predisposes them to the ULV technology which is presently used for locust and grasshopper control.

The candidate fungi, particular strains of the genera *Metarhizium* and *Beauveria* spp., have a broad activity against locusts and grasshoppers but are noninfective and nontoxic to most other insects and to all vertebrates. They are naturally-occurring in the Sahelian region and other locust-affected areas. Cheap and effective mass-production technologies have already been developed for these fungi in other parts of the world against other insect pests, on both a large, commercial scale and a small, on-farm scale.

2. THE LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAMME - PHASE 1

On the basis of the research and information reported above, a programme to develop a fungal insecticide, or mycoinsecticide, for locusts and grasshoppers was initiated as a collaboration between:

The International Institute of Biological Control, an Institute of CAB International (hereafter IIBC)

The Biological Control Programme of the Plant Health Management Division of the International Institute of Tropical Agriculture (hereafter BCP)

The Department of Crop Protection Training of the Permanent Interstate Committee for Drought Control in the Sahel (CILSS) (hereafter DFPV)

The institutions and their contribution to the Programme are described in Appendix 1.

2.1 Objectives

The objectives of this Programme were:

- a. To find new pathogens, and new strains of known pathogens, of locusts and grasshoppers in areas where permanent populations of the desert locust and grasshoppers occur, especially in Africa; and to assess the impact of these pathogens on native locust and grasshopper populations.
- b. To develop effective strains of fungal pathogens formulated as low-volume and ultra-low-volume sprays for application by conventional equipment in hot and arid regions.
- c. To test these formulations under controlled conditions in the laboratory and field, and to establish formulations that avoid degradation and retain spore viability under field conditions.
- d. To characterise the most promising fungal pathogens of locusts and grasshoppers and to develop methodology for their economical mass production.
- e. To train African and Asian national programme scientists in principles of insect pathology, exploration, ecological studies, biological control and methods of field experimentation.
- f. To establish an insect pathology laboratory with the capacity to carry out research and training at BCP, Cotonou, Benin.
- g. To organise and host an international workshop on biological control of grasshoppers and locusts.

2.2 Support and Structure

Phase 1 of the Programme was supported by development assistance funding from CIDA, ODA, DGIS and USAID. The total Programme budget was approximately £2.5 m over three years.

For the Programme, a novel management structure was created. Contributions from all donors and budgets for all institutions were managed together, to minimize administration and maximize flexibility. A Programme Management Committee, comprised of research managers from the participating institutions, invited experts and donor observers, reviewed the programme on a twice-yearly basis. Besides a mid-term technical review, the Programme also established effective channels for input and collaboration with 13 national programmes and 19 institutions within and outside Africa. Some of these links, and the activities which they involve, are listed in Appendix 2.

The Programme began in October 1989 and will continue until the end of 1992.

2.3 Progress to date

Exploration and bioassay

As it nears the end of its first phase, the Programme has explored for locust and grasshopper pathogens in Pakistan and Oman, and a network of national institutions has been established in West Africa for this purpose. Many isolates have been found during the course of ecological studies, and several useful isolates have been retrieved from culture collections.

Of the many fungal isolates found, over 100 have been subjected to a bioassay protocol developed to assess virulence. Strains of *Metarhizium flavoviride* and *M. anisopliae* have proven to be particularly virulent to desert locust and to a range of grasshoppers. Virulent strains have been characterized by biochemical and molecular methods and found to share novel biochemical properties which will be useful in further exploration or field testing.

Formulation

Formulations of spores in oil with optimal characteristics for ULV spraying have been developed and their ability to kill locusts at low humidities has been established. The formulating oil consists entirely of locally available materials (eg kerosene, peanut oil). Existing UV protectants have been tested and some of them were found to double survival time of fungal spores exposed to artificial UV. Similar improvements have been made to prolong the storage of formulations. One common criticism of biological insecticides is their slow action. While the formulations under study may take a week to kill a locust, laboratory studies have revealed that a significant reduction in feeding and flight, and therefore of pest status, is observed within four days of infection.

Mass production

Methods have been developed to mass produce spores of *Metarhizium* on simple media, such as boiled rice in sealed plastic bags. Research has begun on optimizing nutritional requirements for chosen strains and selecting ideal low-cost substrates; brewery waste has proven particularly promising. A simple extraction procedure in which spores are taken directly from the rice

substrate into kerosene has been developed. In recent months it has been discovered that *M. flavoviride* can be mass produced in liquid fermentation, a breakthrough which could greatly increase production per unit cost.

Field trials

A number of small-scale field trials of the mycoinsecticide's efficacy have been made and an active programme of field trials is planned for north Benin and south Niger in June - September 1992. Successes to date include the following.

A mixed population of Sahelian grasshoppers, including *Hieroglyphus daganensis* Krauss on rice at Malanville, north Benin was sprayed *in situ* in a preliminary trial. Infection was recorded in eight species of acridids, beginning five days after spraying. This site will be used for a major trial in 1992.

Populations of *Zonocerus variegatus* L. in Lama Forest, south Benin, were sprayed *in situ* in two separate trials in 1992. Up to 90% mortality was achieved in both trials, in one case at a humidity of approximately 30% while a dry wind (the Harmattan) blew from the month. These trials continue.

A field population of *Schistocerca gregaria* Forskal was sprayed at Wadi Anu Makaren near Agadez, Niger. Adults collected immediately after spraying and held in cages at Agadez began to die from fungal infection after 6 days and mortality exceeded 90%.

Populations of *S. gregaria* held in large wire-mesh cages at Niamey and sprayed *in situ* began to die after 6 days and mortality exceeded 95% by day 12.

Ecological Studies

Background ecological data on grasshoppers and their pathogens in Benin has been collected. Field trials on locusts and grasshoppers, both in open plots (as reported above) and in large field cages, have revealed unexpected carry-over of pathogen activity to the next pest generation, suggesting that a lasting, local effect may be produced with a single spray. These and other observations reveal how little is known about the survival and population ecology of locust and grasshopper pathogens. A research programme has begun on the ecology of grasshopper-pathogen interactions, involving scientists and at IIBC's Leverhulme Unit for Population Biology and Biological Control and at BCP, including the development of predictive models to better understand transmission, survival and fluctuations in populations of *Metarhizium* and other relevant fungi.

Training

An international workshop on biological control of locusts and grasshoppers was held at Cotonou in 1991, and attracted participants and experts from 20 countries in Africa and 10 countries abroad. The proceedings have been published in English, and a French language edition will be available mid-1992. Four PhD students are supported by the Programme and by associated European Community funding. An intensive, hands-on training course for 13 African scientists from 11 countries has been held in Cotonou. As a result several countries are expected to initiate their own entomopathology research projects in collaboration with the Programme. Elements of

locust and grasshopper biological control have been built into the curriculum of the DFPV's extensive training for technical staff of national locust control programmes.

Insect pathology facilities in Africa:

An insect pathology laboratory has been established at IITA's Biological Control research facility in Cotonou, with the capacity to isolate and identify fungi and the ability to carry out effective research.

Sustainability

One of the broader objectives of the Programmes scientists has been to develop a control method which has application to pests other than locusts. In this way, the mycoinsecticide technology can develop and persist between intermittent locust plagues, avoiding the need to redevelop it. The oil-formulated mycoinsecticides developed in this Programme are most promising in this respect. Firstly, their activity against locusts *and* grasshoppers means that they can be used against the latter pest between locust plagues. Further, during the course of this Programme, IIBC and BCP have identified other promising targets and candidate fungi for the control of important African pests of cassava, cotton, banana, cocoa, coffee, cowpeas and other crops. Thus, the mycoinsecticide technology has broad application and much promise for uptake and continuity in African crop protection and elsewhere.

Further detail on achievements of the Programme and the specific roles of the participating organizations, is available in Appendix 1.

3. THE PRESENT STATUS OF MYCOINSECTICIDE DEVELOPMENT

The first phase of the Locust and Grasshopper Biological Control Programme has realized its objectives. A naturally-occurring fungus has been formulated as a mycoinsecticide capable of killing grasshoppers and locusts under the arid field conditions of the Sahelian region. It is now available to all who wish to study and test it.

It must be stated clearly that development of a mycoinsecticide is one of several options for reducing the present, complete dependence on chemical insecticides for locust and grasshopper control. Other alternatives under study include the use of locust pheromones and attractants, chemical extracts from plants (botanical insecticides) and other pathogens. There is also promising research underway on less hazardous, selective chemical insecticides, such as insect growth regulators.

Of the non-chemical options for locust and grasshopper control, however, it can be said that mycoinsecticides hold the most promise for practical development in the short term. It is appropriate, therefore, that this successful initiative be developed further. In so doing, it must address several issues.

The success of the small-scale field demonstrations of the efficacy of a mycoinsecticide is most encouraging, but does not constitute proof that such a formulation can be usefully applied to control locusts and grasshoppers on a scale and under the conditions typically encountered by national control teams. There is a need, therefore, for a scaling up of testing to demonstrate efficacy under a variety of control conditions for a range of locust and grasshopper species, with modification of methods as necessary.

A parallel process of scaling up and adaptation will be required for the mass production of fungus for formulation, to demonstrate that production is practical outside a specialized research environment.

In moving to this level of experimentation, there will also be a need to verify the expected human and environmental safety of this mycoinsecticide when used on a practical, field scale.

Finally, social, economic and gender issues relating to the control of locusts and grasshoppers must be addressed in order to develop an appropriate and useful technology for locust-affected regions. Of particular importance are the differences between control measures for chronic grasshopper problems and intermittent, locust outbreaks, and how these affect development of mycoinsecticidal methods.

The proposal which follows for a second phase of this Programme has been designed to address these issues.

4. THE PHASE 2 PROPOSAL

This proposal is intended as an extension of Phase 1 of the Programme described above, to involve the present institutions and collaborators as well as others which may wish to participate.

4.1 Objective

The objective of Phase 2 of the Programme will be to demonstrate the practical control of locusts and grasshoppers by mycoinsecticides on an operational field scale.

Meeting this objective will require direct collaboration with national programmes in field trials to assess the efficacy, economy, and safety of mycopesticide formulations when tested in a manner and on a scale appropriate to current locust and grasshopper control strategies in affected countries.

4.2 The Programme Plan

The Programme plan is built around a series of detailed field trials with participating national programmes to evaluate and develop the mycoinsecticide as a practical control tool. In any one national programme, field trials will begin with small-scale baseline studies to establish appropriate spray formulations, application methods and sampling plans. Then, the scale of trials will be increased to the level of present, or typical, chemical control, involving land or air-based application over tens of hectares.

To achieve this plan, activities will be organized into four core modules.

Module 1: Field testing and spore production

A series of field trials are planned with national programmes, on desert locusts, on other migratory locusts, and on grasshoppers. The series on desert locust, because of the unpredictable occurrence and location of populations, will require flexibility in the allocation of resources necessary to maintain a mobile field trial team. Field trials on grasshoppers and locusts other than the desert locust can be based with more confidence in particular countries.

Countries expected to collaborate in this work include Benin (grasshoppers including Sahelian species) and Niger (desert locusts and Sahelian grasshoppers), where established Programme bases already exist at BCP and DFPV, respectively. In these countries valuable preliminary field work has been done in Phase 1 and contacts with the national programmes are well established.

A number of possibilities exist for a third location for trials on desert locust and/or other migratory locusts, including Madagascar, Mauritania, Morocco and Mali. Final selection must balance the accessibility of appropriate target species, the feasibility of conducting the trials, and the commitment of the national programmes to participation in the work.

Depending upon the location and target species the field trials will involve:

- Small-scale trials of less than 1 hectare to investigate insect kill and aspects of the pathology of the treatment including comparisons between fungal strains, formulations etc.
- Medium-scale trials of 4-10 hectares to demonstrate control effects
- Large-scale trials of 10-100 hectares applying the mycoinsecticide from the ground or the air to demonstrate control of highly mobile species.

The mass production of conidia to be formulated for use in the field trials is included as an integral part of this module, since no field testing can be done without an adequate supply of the "active ingredient" of the mycoinsecticide. Spores for field trials will be produced at BCP and DFPV.

Module 2: Applied research in support of field testing

To achieve the Programme's objectives, field trials will require supportive research in four areas: 1) application and formulation of mycoinsecticides, 2) biological assay and the characterization and preservation of fungal strains, 3) population ecology of the pathogen/host systems, and 4) appropriate spore production technologies.

The need for applied research in these areas can be illustrated by the requirements of a field trial in one country. Experience to date indicates that this will first require the selection of suitable pathogen strains and their assay for virulence to the local grasshopper or locust species which is the target for biological control. Then, application methods must be selected which are appropriate to the biology and habitat of the target. These methods must take into account local factors of temperature and likely wind speeds at the target locality, time of spraying and patterns and rates of movement of the pest life stage that is to be killed.

Much of this applied research will need to be based in institutions where sophisticated study of pathogen isolates and formulations can be done, such as BCP, IIBC, the International Pesticide Application Research Centre (IPARC) and the International Mycological Institute (IMI) in the UK, and the Boyce Thompson Institute in the USA. Research at these institutions will provide postgraduate training opportunities for African scientists.

Applied research will consist of:

Application and formulation of biopesticides:

There will be continuous improvement of the formulations under test in the field trial programme. They will include the use of new additives to improve stability on exposure to high temperature and UV light, and the use of a range of locally available oils as diluents. There will also be a requirement to test new variations of formulations as different spraying systems (Ulvamast, Micronex and Micronair) are brought into the testing programme. In particular, the products of liquid fermentation may require different formulation techniques. As production is scaled up

there will be a need to develop suitable methods for the transport and storage of the mycoinsecticide. A simple test for spore viability must be developed to confirm the quality of the product, and cage trials will be needed to assess spray formulations and spray desposition patterns, and to confirm target insect mortality.

Biological assay, characterization and preservation:

The maintenance of locust colonies and the capacity to carry out continuous biological assay of pathogen strains will be important components of the field test programme. The purposes will be to monitor the virulence of strains under field test, to assess the virulence of new strains, and to improve by selection the virulence of existing isolates.

Isolates will continue to be preserved, and their characterization will be required to ensure that all isolates used in field studies can be identified after field application.

Ecological studies:

A programme of basic research into the population dynamics of entomopathogenic fungi and their host insects is being developed in collaboration with the Leverhulme Unit for Population Biology and Biological Control. This Unit, run jointly by IIBC and the Centre for Population Biology of Imperial College of Science, Technology and Medicine, UK will contribute the time of population ecologists and modellers. Field work will be undertaken at BCP in Cotonou. This activity will include postgraduate research by African scientists in the ecology of insects and their pathogens, and will integrate with further studies on the grasshopper-environment interaction at Cotonou.

Microbiological studies on mass production systems:

Spore production will be scaled up to meet the anticipated needs of the field trials from production unit at BCP supplemented where necessary by additional production in participating countries. Appropriate technology is available to meet this need. However, as production levels increase, improvements and variation in the technology will be required. Similarly, adaptation in the technology will be required for national programmes, and procedures for quality control will have to be established.

In addition, research into the development of inexpensive, high quality spore production will continue at IIBC. Particular attention will be given to the benefits of liquid fermentation of *M. flavoviride*, a significant research achievement of Phase 1 of the Programme. Training in microbiology and spore production will be provided for African scientists at postgraduate level.

Module 3: Training and Networking

Training

Training personnel, both men and women, from African national programmes is a key part of Phase 2. It will have three components:

First, to achieve its objective, the Programme will train the national research and technical staff involved in the field testing programme. Research staff will be trained at BCP and technicians at DFPV, in both short courses and by the provision of on-the-job experience. One training course each year (1993-95) will be provided at BCP for research staff from countries participating in field testing.

Secondly, a programme of postgraduate training will be organized for African research scientists so that they can participate in and strengthen their country's participation in the component research which supports field trials.

Finally, there will be a modest element of training directed to raise awareness in the area of locust and grasshopper biological control. This will involve provision of entomopathology and biopesticide components for inclusion in existing acridid control training programmes at DFPV, and an element of curriculum support to African universities. Further, scientists from countries not participating in field tests will be invited to visit those that are, and to work in them and/or attend short courses provided for those in-country test programmes.

Training provided in Phase 2 will be closely linked to the networking activities described below.

Networking

Towards the end of Phase 1, the Programme management and scientists met leaders of African national locust and grasshopper control programmes and representatives of CILSS to discuss future cooperation. It was agreed that a network be established to develop awareness of biological control using biopesticides and to facilitate the involvement of African countries in Phase 2 of the Programme.

The network will build, as far as possible, upon the existing CILSS Integrated Pest Management Network and the IITA Plant Health Management Network. Both of these networks have extensive contacts with African scientists and a complementary geographical coverage in Africa.

The specific objectives of the network will be to exchange materials (fungal isolates), methods and results and to help participants carry out research and trials with mycoinsecticides, through provision of information and technical support. Regular meetings of network members would be encouraged.

Through the network, a larger number of African countries and institutions will become involved in research and testing of mycoinsecticides for locusts and grasshopper control. This will provide opportunities to expand the Phase 2 Programme beyond the limited number of sites and countries reflected in the programme and budget, (see section 4.3. below).

Module 4: Environmental and Socio-economic Assessments

Environmental Impact Assessment.

Following an expert consultation on the need for environmental impact studies in the development of a mycoinsecticide, and in anticipation of further consultation in Africa in 1992, a modest programme of impact assessment is planned in Phase 2. It will adopt a tiered system, in which testing will go beyond the laboratory phase (where a maximum challenge of the mycoinsecticide to non-target organisms is ensured), only when risk is identified at that level.

This component of Phase 2 will be undertaken in collaboration with agencies presently involved in the assessment of the environmental impact of pesticides for locust and grasshopper control (eg FAO Locustox, NORAGRIC).

A more complex problem is the ultimate registration of a mycoinsecticide (or any biological pesticide) for use in particular countries. A consultation will be organized in 1992 to investigate possible requirements. The global situation regarding mycoinsecticide registration is evolving rapidly, and this is reflected in the position of African countries. The consultation will involve CILSS and the Inter-African Phytosanitary Commission. The basic issue is the possible need to undertake vertebrate toxicity tests, as these are very expensive. The present proposal does not include a component for such studies, as it is thought they are unlikely to be required.

Socio-economic Analysis of Biopesticide Use

The field tests are designed to investigate locust and grasshopper control on a scale appropriate to present, chemically-based methods used by national programmes for the control of acridids. This itself provides a basis for the evaluation of the economics and likelihood of adoption of the mycopesticide technology, as well as comparisons with chemical control. However, a separate, socio-economic activity was identified as a requirement for Phase 2 and, following a consultation to plan such a study, a modest programme of socio-economic research is proposed.

Ideally, this component of the Programme will involve collaboration with organizations having expertise in the evaluation of the socio-economics of Sahelian acridid control (eg Natural Resources Institute, UK).

4.3 Expansion of the Programme

The core proposal focuses on the execution of collaborative field trials in three selected countries, but will encourage expansion of this activity to other countries interested in and capable of initiating joint programmes.

The network proposed in Module 3 will be designed to identify and develop these opportunities. For each country, the resources required could range from the provision of small amounts of

equipment or help to establish a functional laboratory, to a full programme of salary support, capital and operations costs.

The provision of resources to expand the scope of the programme to additional countries in this way lies outside the essential or "core" set of activities. Where considerable resources are required, it will be necessary, therefore, to seek additional support on behalf of countries or institutions wishing to join in research and field trials.

The Programme will help to identify potential participants and to secure funding for their participation. Such funds may be sought from bilateral aid programmes on behalf of specific countries.

Alternatively, there may be an opportunity to assist countries through involvement of the Programme in existing national projects for locust and grasshopper research and control. Thus, in its first Phase, the Programme has collaborated with national research programmes on locust biological control supported by GTZ in Madagascar and Niger, and grasshopper control supported by USAID in Cape Verde.

The Programme will also seek opportunities to expand mycoinsecticide research and testing through programmes in other locust-affected areas of the Middle East and Western Asia, where it already has links, and with regional control organizations, such as the Desert Locust Control Organization, the International Red Locust Control Organization and the locust control operations of FAO.

A full 3-year budget for one country to join the field testing programme and develop its capacity to use the mycoinsecticide is estimated to be £160,000, and includes:-

Personnel: half the time of a national scientist and one full-time technician.

Capital: a 4WD vehicle and essential laboratory equipment.

Operations: costs of field trials and laboratory supplies, and substantial annual provision for a national scientist to travel on educational visits to collaborating institutes/national programmes.

The summary budget for one country over 3 years is: (£1,000)

	Year 1	Year 2	Year 3	Total
Personnel	17.5	18.6	19.7	55.8
Capital	40.0	0	0	40.0
Operations	20.0	21.3	22.4	63.7
TOTAL	77.5	39.9	42.1	159.5

4.4. Disengagement Procedures

At the end of this Programme, it will be known whether a mycoinsecticide product can be effective and useful in the practical context of national and regional locust and grasshopper control programmes. Information will be freely available on the production, storage, application and evaluation of the mycoinsecticide, developed from practical experience in national programmes.

This information will be sufficient to initiate practical production and use of a mycoinsecticide. At this point the externally-funded research programme will effectively disengage from the process of mycoinsecticide development, making way for a subsequent, implementation stage.

Implementation would be taken up directly by governments and commercial interests, with the possible assistance of loans or grants from development assistance agencies. Such investment is likely to occur through bilateral channels for particular countries, although regional locust control organizations may also be supported in this implementation effort.

Any further research at the implementation stage will involve local adaptation of methods and should be achievable by national programme staff who have been trained by the Programme staff.

4.5. Social and gender issues

In Africa and elsewhere, locust and grasshopper control is generally not carried out by farmers but by mobile teams of trained government technicians. It is the experience of our Programme staff that most, if not all, of these locust and grasshopper control teams are staffed by men, reflecting educational and career traditions in locust-affected countries. Women are better represented in national crop protection research and extension services which support locust and grasshopper control operations. These services have a broader remit and less mobility, affording greater career opportunities for women.

In Africa generally, women occupy only 7% of the posts in government extension services and hold fewer than 4% of the professional agricultural positions, but most African farmers are women. IITA is collaborating with Winrock International's African Women Leaders in Agriculture and the Environment Programme to increase the number of trained women plant protection specialists in national programmes.

This Programme will take positive action to encourage and select women scientists and extensionists from national services for collaboration and training in mycoinsecticide development. This commitment has been given strong encouragement and support by Dr. Ba-Diallo, Research Director of CILSS. Her CILSS programme, involving 9 Sahelian countries, will form the nucleus of the networking operation proposed in the Programme's second phase, through which national programmes will become involved in testing the mycoinsecticide.

5. ADMINISTRATION AND FINANCE

5.1 Phase 2 management

The programme will be managed by IIBC, with the cooperation of its Regional Programme for Africa, based at the CABI Regional Office in Nairobi. It will involve, as in Phase I, a Programme Management Committee comprising representatives from collaborating institutions, expert advisors and donor observers.

5.2 Phase 2 budget

The Phase 2 budget is summarised in pounds sterling in the following table which assume a constant inflation factor of 6% in each of the three years of the programme. The various cost estimates are explained in text which follows the tables. A more detailed summary is Appendix 4.

PHASE 2 SUMMARY BUDGET: £1,000s

	1993	1994	1995	TOTAL
Personnel	350	370	393	1,113
Capital	106	0	0	106
Travel & Subsistence	67	72	76	215
Operations	156	150	92	398
Training	80	115	90	285
Sub-Total	759	707	651	2,117
Admin Charge	148	160	147	455
TOTAL	907	867	798	2,572

Personnel:

Personnel costs have been estimated by extrapolation from 1992 Phase 1 costs. Seven and one-half senior staff/years are required to implement Phase 2 compared with 9 in Phase 1.

The positions, and the proportions of time allocated to each of the programme modules are:

DISCIPLINE	<u>MODULE</u>					TOTALS
	Management	Field Tests	Applied Research	Training/ Networking	National Tests	
Programme Manager	0.5					0.5
Programme Leader	0.2	0.1	0.1	0.1		0.5
Joint Programme Leader	0.2	0.5	0.1	0.2		1.0
Pathologist		0.2	0.2	0.1		0.5
Pathologist		0.4	0.4	0.1	0.1	1.0
Ecologist	0.1	0.5	0.1	0.1	0.2	1.0
Application Scientist		0.4	0.4	0.1	0.1	1.0
Microbiologist		0.3	0.5	0.2		1.0
Training / Network Co-ordinator				0.6	0.4	1.0
TOTALS	1.0	2.4	1.8	1.5	0.8	7.5

Personnel costs of staff located in Cotonou and Niamey include estimates of location related benefits and the costs of housing and utilities.

The Programme module Environmental and Socio-economic Assessment will be implemented by contract to appropriate organizations, and thus has no Programme personnel inputs or costs.

Capital:

The requirements of £106,000 is for the following capital items:

1. Two cross-country vehicles (Cotonou and Niamey) and a pick-up truck (Cotonou) for the field testing programme. £50,000.
2. Spray machinery. £6,000.
3. Two recording meteorological stations for remote field test locations. £8,000.
4. An autoclave, fume hood, and other spore production equipment for Cotonou. £42,000.

Operations:

Estimates of the costs of operations include field, laboratory and office supplies; communications; service and repair; vehicle operations and maintenance; Programme Management Committee

meetings; and the costs of research contracted to Boyce Thompson Institute and the International Mycological Institute for characterization and preservation.

Training and networking:

Training costs exclude personnel and include an annual course for technicians to be provided by DFPV, four PhD scholarships, an annual meeting of representatives of national programmes participating in the network, and a mid-term workshop (1994).

Administrative charge:

An administrative charge at the rate of 22.6% of costs excluding capital expenditures has been included in budget.

6. REFERENCES

- Bateman, R.P. (1992). Controlled droplet application of myco-insecticides: a environmentally friendly way to control locusts. *Antenna* 16, 6-13.
- Brader, L. (1988). Control of locusts and migratory locusts. BCPC Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases - 1988. Pp.283 - 288.
- Bull, D. (1982). A growing problem: pesticides and the third world poor. Oxfam, UK.
- Everts, J.W. (ed.) (1990). Environmental effects of chemical locust and grasshopper control. Report on Project ECLO/SEN/003/NET. FAO, Rome. 277 pp. + annexes.
- Lomer, C.J. and Prior, C. (eds.) (1992). Biological control of locusts and grasshoppers. CAB International, UK. 394 pp.
- OTA (1990). Special report: a plague of locusts. Congress of the United States: Office of Technology Assessment, USA. 129 pp.
- Prior, C. and Greathead, D.J. (1989). Biological control of locusts: the potential for the exploitation of pathogens. *FAO Plant Protection Bulletin* 37, 37 - 48.
- Steedman, A. (ed.) (1990). The locust handbook. 3rd edition. Natural Resources Institute, UK. 204 pp.
- Symmons, P. (1992). Strategies to combat the desert locust. *Crop Protection* 11, 206 - 212.

Appendix 1. Participating Institutions and their Responsibilities

The International Institute of Biological Control (IIBC)

IIBC, an Institute of CAB International, was established in 1927 and is dedicated to the promotion of biological control worldwide, through research, training and provision of services and information, with an emphasis on the needs of developing countries. IIBC has its headquarters in UK, with regional bases in Europe, Latin America, Asia and Africa.

IIBC's participation in Phase 1 of the Locust and Grasshopper Biological Control Programme has involved; 1. management by the Programme Manager and Programme Leader, 2. exploration in Arabia and Pakistan for pathogens of locusts and grasshoppers, 3. maintenance of a colony of desert locusts for biological control experiments, 4. biological assay of the virulence of pathogens as diseases of locusts and grasshoppers, 5. characterisation and preservation of selected isolates of pathogens in collaboration with the International Mycological Institute (IMI) of CABI, 6. development and testing of mycoinsecticide formulations and application technology in collaboration with the International Pesticide Application and Research Centre (IPARC), 7. spore production research, and 8. collaboration with the University of Bath, UK and the Institute of Pest Control, Darmstadt, Germany in supporting and supervising the research of four PhD students working on topics related to the biological control of locusts and grasshoppers. One of these students has financial support from the European Community.

IIBC will continue to take leadership in the management and direction of the Programme in its second phase. It will provide the research base, facilities and staff for biological assay, microbiological research into spore production and formulation and application studies.

The Phase 2 plan envisages that research staff based at Ascot will contribute the equivalent of 1.6 scientists years/year to field testing and training in Africa, compared with 1.4 scientists years devoted to research in the UK.

The Biological Control Programme (BCP)

BCP is a programme in the Plant Health Management Division (PHMD) of the International Institute of Tropical Agriculture. It provides the base at Cotonou in the Republic of Benin for the integration of the programme activities of CABI and IITA in a "joint project" established by formal agreement between the two institutions in 1990. The work at Cotonou is managed by the Director of IITA's PHMD; technical leadership comes from the IIBC insect pathologist who is located at Cotonou. Other joint Project personnel are a second insect pathologist and two technical assistants. The joint project receives administrative and logistic support from IITA and is fully integrated into the Institute's management structure. Its major activities are those of testing mycoinsecticides in the field, ecological studies of acridids and their pathogens, spore production research and training scientists from national programmes.

A colony of desert locusts is maintained at Cotonou. It has been used to provide insects for preliminary cage and field trials to demonstrate the efficacy of mycoinsecticide formulations. BCP also provides a base for studies on the ecology and mortality factors of the variegated grasshopper *Zonocerus variegatus*, an important pest of humid zone agriculture in Africa, and for trials

conducted by the Programme on the use of mycoinsecticides to control grasshoppers on irrigated rice in the north of Benin.

During Phase 2 the senior insect pathologist at Cotonou will hold responsibility for the programme's research activities in Africa, with major emphasis on the field testing programme, including contributions to group courses for technicians provided by DFPV in Niamey.

The Department of Crop Protection Training (DFPV)

DFPV, Niamey, Niger was established in 1981 at the request of the nine member states of the Permanent Inter-State Committee for Drought Control in the Sahel (CILSS) which include Burkina Faso, The Cape Verde Islands, The Gambia, Guinea-Bissau, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Chad. Its objective is to contribute to food self-sufficiency in the CILSS member countries by improving the protection of crops and stored products against pests, diseases and weeds through the training of crop protection officers. In the ten years of its existence, DFPV has become a prominent centre for training and documentation in crop protection for the Sahel and its neighbouring countries in West Africa. DFPV has full financial support from the Netherlands, which includes student scholarships for the regular 2-year training course for middle level crop protection officers (output about 25 per year), higher level specialisation courses and training workshops of shorter duration. The DFPV crop protection documentation and information centre is designed to complement the training of students and to diffuse information for the benefit of students, trainers and research workers throughout the Sahel.

Although DFPV is a training institute and not a research station, its many facilities make it ideally suited for housing research projects in support of training and development activities in the field of crop protection. The Netherlands' contribution to the locust and grasshopper biological control programme consists of financing the pathogens survey project (SPC) which, at the request of the Dutch donor, is managed by DFPV as a separate component of its crop protection programme but, at the same time, receives its full administrative and logistical support. The main objective of the DFPV-SPC is to find effective fungus isolates which are well adapted to the dry climate of the Sahel for use in a biopesticide against locusts and grasshoppers. The Dutch scientist in charge of DFPV-SPC contributes full-time to the programme by coordinating the exploration and collection of pathogens within large areas of West Africa and by participating in collaborative research with IIBC and BCP. Other staff of DFPV contribute to the programme which involves activities such as rearing locusts and grasshoppers for testing mycopesticides under specific field conditions of the Sahelian region.

In the second phase staff at DFPV will have major responsibility for an annual training course for technicians from national programmes, and will make important inputs to the field testing and environmental assessment modules of the programme.

Appendix 2. Collaborative linkages with other institutions and activities

In its first phase, the Locust and Grasshopper Biological Control Programme has established close, collaborative links with countries in locust-affected areas of Africa and Asia, as summarized below.

In a second section, collaboration with institutions in North and South America, Europe, Asia and Australasia are listed. Some of these links arose from efforts by the programme to accelerate mycoinsecticide research by linking with expert groups in Europe, North America and Australia. Then, as positive results emerged, institutions in locust and grasshopper-affected developing countries in Asia and Latin America requested assistance from the Programme. Links were established with these institutions to ensure that technologies developed found maximal application in the developing world.

COUNTRY AND INSTITUTION

NATURE OF COLLABORATION

1. Africa & Asia

Benin (SPV)	Collaborates on field testing
Burkina Faso	Participates in the pathogen collection network
Cape Verde (INIA)	Consultation on field testing
Chad (SPV)	Participates in the pathogen collection network
Congo (SPV)	Participates in pathogen collection
Ethiopia (DLCOEA)	Participates in EEC locust project, maintains close contact and information exchange with a view to collaboration
Gambia (Ministry of Agriculture)	Participates in the pathogen collection network
Guinea Bissau (SPV)	Participates in the pathogen collection network
Kenya (DLCOEA)	Participates in pathogen collection
Madagascar (SPV)	Collaborates on field testing (with GTZ)
Mali (SPV)	Participates in the pathogen collection network, collaborates on field testing
Morocco (CNLA)	Collaborates on field testing
Niger (DFPV; SPV)	Participates in the pathogen collection network, collaborates on field testing (with GTZ)
Oman (Min. Agriculture & Fisheries)	Cooperates and assists on field surveys for pathogens.
Pakistan (PARC)	Cooperates on field surveys and field testing
Togo (SPV)	Participates in the pathogen collection network

Zambia (IRLCOCSA)

Participation in pathogen collection

2. The America's, Australia, Europe

Canada (Agriculture Canada)

Information and culture exchange,
exchange visits

USA (Boyce Thompson Institute)

Collaborates on work on DNA
characterisation, exchange visits

USA (USDA-ARS)

Exchange of fungal cultures

Trinidad & Tobago (Ministry of
Agriculture)

Planning of field tests on *Coscineuta
virens*

Costa Rica (CATIE)

Donation of cultures and information
exchange

Mexico (CNRCB)

Consultation on preparation of a locust
biocontrol programme proposal

Brazil (EMBRAPA)

Information exchange on locust
biocontrol

Australia (CSIRO)

Information and culture exchange,
collaboration and visits by staff for field
testing

Australia (APLC)

Visits by staff and collaboration on field
testing

Australia (APB (WA))

Advice on locust control

Papua New Guinea (DAL)

Consultation on preparation of a locust
biocontrol programme proposal

UK (NRI)

Consultation on locust control,
especially logistic and socio-economic
aspects

UK (University of Bath)

Supervision of PhD students.
Collaboration on EC -funded and
programme -funded research

UK (University of Cardiff)

Supervision of Ghanaian PhD student
on microbial control on *Zonocerus*

UK (University of Southampton)

Collaboration on field trials (with
CNLA, Morocco)

UK (International Mycological Institute)

Culture storage, isolate characterisation

France (University of Montpellier)

Exchange of material for pathogen
isolation (EC collaborator)

France (CIRAD - PRIFAS)

Consultation on distributing information
on locust biological control

Netherlands (Plant Protection Service,
Wageningen)

Consultations on environmental studies

Turkey (Gukurova Universitesi)

Supply of *Dociostaurus* eggs

Norway (NORAGRIC)	Consultation on environmental monitoring
Germany (GTZ)	Collaboration on field testing programmes in Niger and Madagascar
Germany (BBA Darmstadt)	Consultation and culture exchange, exchange of material for pathogen isolation (EC collaborator)
Switzerland (Ciba-Geigy Ltd)	Collaboration on field trials in Mali (with Mali SPV)
Greece (PPI, Crete)	Collaboration on field testing against <i>Anacridium aegyptium</i>

Appendix 3

LOCUST PROGRAMME ACHIEVEMENTS OCTOBER 1989 - MAY 1992

The major elements of the first phase of the Programme were:

1. An exploration programme to find new pathogens
2. An experimental programme to assay these pathogens and develop them as formulated mycopesticides
3. A field testing programme to demonstrate the efficacy of the formulations in the field
4. A training programme to educate and inform African and Asian scientists in insect pathology and biopesticide application

The following is a summary of the major achievements in these areas.

Exploration

Isolate collection

West Africa: a network of collectors has been set up in eight CILSS countries. Seven highly virulent isolates of *Metarhizium* have been received so far. In addition, more than forty highly virulent isolates of *Metarhizium* and *Beauveria* have been collected by programme staff in Benin and Niger. A new species of *Sorospora* was collected in Mali and a paper on its ecology has been submitted to Journal of Invertebrate Pathology.

Oman: exploration based at Salalah has yielded two isolates of *Metarhizium* from acridids and three isolates of *Beauveria* and three of *Nomuraea* from other insects. Soil baiting did not yield any pathogens.

Pakistan: three isolates of *Metarhizium* and five of *Beauveria* have been found.

Ecological studies

Ecological studies on the role of pathogens as mortality factors in natural grasshopper populations have been carried out in Benin and Oman. In Benin, both *Metarhizium flavoviride* and *Entomophaga grylli* are locally important in *Zonocerus variegatus* populations in the humid coastal zone and are being monitored at two sites. In Oman, pathogens had negligible effects on populations of *Acorypha glaucopsis* at Salalah.

In Benin, the calliphorid fly *Blaesoxipha filipjevi* caused up to 60% mortality in *Z. variegatus*. Trombidid mites and mermithid nematodes were also recorded.

Colonies of *S. gregaria* have been established at Cotonou and Ascot from eggs collected in Niger. The Niger stock is breeding successfully at Ascot but a comparative assay did not reveal significant differences between the two stocks in susceptibility to the standard *Metarhizium* isolate.

A colony was also established at Ascot from eggs received from Pakistan but these insects did not become sexually mature and have been handed to University of Norwich for studies on genetic variability.

Breeding colonies of *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria* and *Oedaleus senegalensis* are maintained at Niamey under the supervision of the DFPV acridologist. All stocks originate from wild Niger insects. Problems with diapause in *O. senegalensis* have been overcome by keeping adults under a regime of 14 h daylight.

Formulation development

Isolate assay

A bioassay protocol has been developed to allow comparison of isolates with a standard virulent isolate IMI 330189 which is included in all assays as a reference. Adult *S. gregaria* 10 days post-fledging are inoculated topically behind the pronotum with a 2 μ l drop of oil conidial suspension and held at 30 °C and 35% RH.

Over 100 isolates of *Beauveria* and *Metarhizium* spp. have been assessed for virulence against *Schistocerca gregaria* using the standard bioassay. Nearly all the 20 highly virulent isolates identified to date are *Metarhizium* spp. and have originated from acridids but not all have originated from Africa: an Australian and a Thailand isolate are also highly virulent. A single commercial isolate of *Beauveria bassiana* has shown high virulence at 22°C but is less virulent at the standard assay temperature of 30°C. A USA isolate of *M. anisopliae* from the pecan weevil killed rapidly but few dead insects exhibited fungal outgrowth: this feature, also shown by some other isolates, may indicate the production of a toxin and these isolates have not been developed further.

Other grasshopper and locust pest species which are susceptible to the chosen standard strain include *Oedaleus senegalensis*, *O. nigeriensis*, *Acorypha glaucopsis*, *Kraussaria angulifera* and *Locusta migratoria*. *Zonocerus variegatus* is less susceptible to the standard isolate but other highly virulent isolates are available for this pest. Preliminary indications on host range suggest that the selected standard strain will kill a wide range of Acrididae, a family containing many of the important pest species of grasshopper and locust.

The standard assay has been used to confirm the superiority of oil based formulations. Conidia in oil have an approximate LD₅₀ of 1 x 10⁴ conidia/insect at 5 days compared to 2 x 10⁶ conidia/insect in water: the LT₅₀ is approximately two days less with oil formulations and the effect is most marked at the low humidities at which the pests must usually be sprayed. This confirms the assumptions on which the programme was based and these laboratory findings have been further confirmed by field testing in Africa (see below).

Characterisation

Promising isolates from the assay programme have been characterised using isoenzyme analysis, secondary metabolites, nutritional and biochemical tests in collaboration with the International Mycological Institute (IMI). These tests can distinguish individual isolates of *Metarhizium* spp. that are indistinguishable by morphological criteria. DNA "fingerprinting" using RFLP analysis

has begun at IMI and further work on this will also be carried out by the Boyce Thompson Institute using the RAPD technique.

Formulation and application studies

Detailed atomisation studies on the characteristics of the chosen oil formulations have shown that they possess the optimum viscosity characteristics for spraying using Controlled Droplet Application (CDA) techniques. An extensive database of information on atomisation has been built up at IPARC. ULV techniques are favoured for locust and grasshopper control and mean that the mycopesticide can be applied at rates as low as 1 litre/ha, using the equipment already available in Africa for this purpose.

Experiments to improve stability in storage have shown that concentrated formulations in oil will survive with high viability for more than 8 months at 17 °C (to date, May 1992) with appropriate treatments. Up to 5 hours exposure to 60 °C reduces viability by < 10% and viability can be restored by periods of exposure to lower temperatures. Field exposure to high temperatures therefore does not appear to be an operational problem.

The rate of degradation of conidia by the ultra-violet component of tropical sunlight can be halved by the addition of sunscreen chemicals to the formulation. Comparisons with field radiation levels suggest that the rate of degradation in the field is likely to be lower, both because of natural shading and because incident UV levels are reduced by atmospheric factors.

An experimental track sprayer has been built to study spray deposition on insects using modified field sprayers and under simulated field conditions of temperature, and humidity. In laboratory experiments using topical application, insects sprayed with the standard isolate showed an increasing loss of appetite from the third day after application and also showed an increasing lethargy and unwillingness to fly. Thus the beneficial effects of mycopesticide application are apparent some time before the insect dies.

Mass production

For initial small-scale field trials in 1991, conidia were produced on agar media in glass bottles. Production on rice (as carried out commercially in Brazil) has been initiated in Cotonou to produce conidia for 1992 field trials. In UK, studies are being carried out to optimise biomass production in submerged liquid culture. This is carried out initially in shaken flasks but the process is suitable for scaling up to fermenters. Fermenter biomass may either be used to inoculate solid substrates such as rice, for conidiation on solid media, or for conidiation directly in shallow trays (as carried out in Colombia). Both methods are under investigation. Yeast waste from brewing has proved to be a valuable substrate for fermenter production. Recent results suggest that *M. flavoviride* produces true conidia in submerged culture, a fact not previously recorded, but that these conidia are hydrophilic and therefore unsuitable for oil formulation without additional treatment.

Field testing

Field experiments

An "arena" field test protocol has been designed as a first step in the field testing of formulations. Insects from laboratory cultures or field collections are placed on regularly spaced plants in a cleared "arena" and temporarily immobilised to prevent flight while the trial application is made with a hand held spinning disc sprayer. The sprayed insects are then returned to cages for incubation. Using this technique, dose-responses similar to laboratory data have been achieved, with peak mortality 6 - 9 days after spraying and <90% total mortality. This has been done for *S. gregaria* at Cotonou and Agadez and for *Z. variegatus* at Cotonou. At Agadez, the target insects were adult *S. gregaria* collected from a wild population and sprayed in situ and the trial is therefore a genuine demonstration of the efficacy of the formulation under field conditions. Mortality of other pest species has also been demonstrated in preliminary field trials on populations on irrigated rice at Malanville (N. Benin). Large wire mesh cages have been constructed at DFPV Niamey for studies on mortality in the field. The problem of assessing mortality in sprayed populations of highly mobile adult insects is being addressed in trials at Niamey and Cotonou on freshly fledged, relatively immobile adults in discrete "green islands" of vegetation.

Environmental impact

A report has been commissioned from a specialist in the field of environmental impact of pesticides to advise the programme on the requirements for environmental impact studies. The report advises that only two major areas of concern need to be addressed; effects on vertebrates, especially birds, that may feed on dead insects killed by the biopesticide, and effects of spraying on non-target invertebrates. A "tiered" approach to non-target testing is advocated with field work only contemplated if laboratory results indicate the possibility of infection.

Training

Workshop

A workshop on biological control of locusts and grasshoppers was held in Cotonou, Republic of Benin, from 29 April to 1 May 1991. The workshop was funded by a grant from USAID. Over 90 delegates attended, 50 from Africa and the remainder from Europe, the Americas and Australia. These delegates represented donor agencies, National Plant Protection organisations, training and research organisations and the joint IIBC/IITA/DFPV research programme. Over 40 presentations were made; the first session summarised the activities of various organisations involved in locust and grasshopper control and some country reports. Subsequent sessions covered technical aspects of locust and grasshopper biocontrol such as agents for use; exploration and characterisation; production, formulation and application, and biology, ecology, field experimentation and environmental impact. The English language version of the proceedings (Lomer, C.J. and Prior, C. (eds.) (1992). Biological control of locusts and grasshoppers. CAB International. 394 pp.) was published in April 1992 and a French language version will appear later in 1992.

Higher degree training

Mr Seyoum (PhD student registered with University of Bath and supported by the programme) is carrying out studies on the effects of infection by *Metarhizium*, including those on feeding and flying in *S. gregaria*.

Mr Gillespie (PhD student registered with University of Bath under the UK CASE scheme with support from the programme) is studying immune responses in adult locusts following infection by *Metarhizium*.

Mrs James (PhD student registered with University of Bath and supported by IIBC with funds from the EEC Locust and Grasshopper Biological Control Programme) is investigating the alterations caused by destruxins (toxins produced by *Metarhizium*) to the physiology of *S. gregaria*.

Mr Joshi (PhD student registered with University of Bath under the same arrangement as Mrs James) is studying the interaction of insect growth regulators (IGRs) and fungal infection. IGRs control insects by preventing moulting and are showing very promising results in field trials against locust and grasshopper nymphs.

Other students who have received training at IIBC in insect pathology as a result of the joint programme activities are Mrs L. Erkilic (MSc student from Imperial College), Mrs L. Lacayo (PhD student from Imperial College), Mr M. Brautigam (Universität Konstanz), Ms S. Samarasinghe (British Council sponsorship), Ms P. Smith (PhD student with Imperial College, Commonwealth Universities Commission scholar) and Mr J. Adu-Mensah (PhD student at University of Cardiff).

Training course

A 3 week training course for 12 African scientists was carried out successfully in May 1992 by programme staff and invited teachers at IITA Cotonou.

APPENDIX 4: SUMMARY BUDGET £1000

	1993	1994	1995	TOTAL
FIELD TESTING PROGRAMME (Includes Programme inputs to bilaterally funded national tests)				
PERSONNEL	160.8	170.4	180.7	511.9
CAPITAL EQUIPMENT	106.0	0.0	0.0	106.0
TRAVEL & SUBSISTENCE	41.0	43.5	46.1	130.5
OPERATIONS	34.5	36.6	27.5	98.6
ADMIN CHARGE	53.4	56.6	57.5	167.5
TOTAL	395.7	307.1	311.7	1,014.5
APPLIED RESEARCH				
PERSONNEL	84.7	89.8	95.2	269.7
CAPITAL EQUIPMENT	0.0	0.0	0.0	0.0
TRAVEL & SUBSISTENCE	6.0	6.4	6.7	19.1
OPERATIONS	46.5	33.9	36.0	116.4
ADMIN CHARGE	31.0	29.4	31.2	91.6
TOTAL	168.2	159.5	169.0	496.7
ENVIRONMENTAL & SOCIO-ECONOMIC ASSESSMENT				
IMPACT STUDIES	25.0	26.5	0.0	51.5
SOCIO-ECONOMIC STUDIES	25.0	26.5	0.0	51.5
ADMIN CHARGE	11.3	12.0	0.0	23.3
TOTAL	61.3	65.0	0.0	126.3
TRAINING AND NETWORKING				
PERSONNEL	56.0	59.3	62.9	178.2
CAPITAL EQUIPMENT	0.0	0.0	0.0	0.0
TRAVEL & SUBSISTENCE	2.5	2.7	2.8	8.0
OPERATIONS	76.0	110.5	85.3	271.8
ADMIN CHARGE	30.4	39.0	34.1	103.5
TOTAL	164.9	211.5	185.1	561.5
MANAGEMENT				
PERSONNEL	48.0	50.9	54.0	152.9
CAPITAL EQUIPMENT	0.0	0.0	0.0	0.0
TRAVEL & SUBSISTENCE	18.0	19.1	20.2	57.3
OPERATIONS	25.5	27.0	28.7	81.2
TRAINING	4.0	4.2	4.5	12.7
ADMIN CHARGE	21.6	22.9	24.3	68.7
TOTAL	117.1	124.1	131.6	372.8
PROGRAMME TOTAL				
PERSONNEL	349.5	370.5	392.7	1,112.7
CAPITAL EQUIPMENT	106.0	0.0	0.0	106.0
TRAVEL & SUBSISTENCE	67.5	71.6	75.8	214.9
TRAINING	80.0	114.7	89.8	284.5
OPERATIONS	156.5	150.5	92.1	399.2
ADMIN CHARGES	147.7	159.8	147.0	454.5
TOTAL	907.2	867.1	797.5	2,571.8

APPENDIX 5 A:**Locust and Grasshopper Biological Control Programme: Phase 2**

Page 1 of 3

Logical Framework

Date Prepared: May 1992

PROJECT STRUCTURE	INDICATORS OF ACHIEVEMENT	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
WIDER OBJECTIVE			
1. A generally applicable strategy for integrating biological pesticides into locust and grasshopper control and reducing reliance on chemical pesticides.	1. Uptake of the technology by national and regional control authorities, selected collaborators and users	1a. Demand for the product 1b. Decreased use of chemicals 1c. Verbal and written reports and publications 1d. External review	1a. Technical feasibility 1b. Technical capability of user groups 1c. Socio-economic viability
IMMEDIATE OBJECTIVES 1993-1995			
1. Experimental proof of the efficacy of the programme's mycopesticides for the control of locusts and grasshoppers at an operational scale (up to 100 ha) in Africa.	1. Statistically valid demonstration of locust and grasshopper population control.	1a. Publications in refereed journals. 1b. External review.	1a. Adequate funding for research 1b. Cooperation of national authorities 1c. Occurrence in the field of target pests
2. Scientists in African Institutions trained to conduct research on, and to use mycopesticides for the control of locusts and grasshoppers	2a. 3 African countries in the field testing programme. 2b. 30 African scientists and 30 technicians trained. 2c. 5 African countries in a research and training network	2a. Numbers of trained personnel in national programmes 2b. Network activities and reports	2a. Training funding available 2b. Network funding available 2c. Infrastructure available 2d. Cooperation of national authorities

APPENDIX 5 A: Page 2 of 3

PROJECT STRUCTURE	INDICATORS OF ACHIEVEMENT	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
OUTPUTS			
1. <u>Field Testing</u>			
a) Experimental control of locusts and grasshoppers in field trials at an operational scale of 1 – 100 ha.	1a. A statistically valid demonstration of locust and grasshopper population control.	1a. Publications in refereed journals 1b. External review	1a. Adequate funding available 1b. Cooperation of national authorities
b). Fungus in production on a scale sufficient for application in field trials as large as 100 ha	1b. Quantities of spores produced		
c) Improved formulations and application methods locally adapted to African conditions	1c. Locally adapted formulations available		
2. <u>Ecology</u> An improved practical understanding of the dynamics of mycoinsecticides in African locust and grasshopper populations	2. A predictive model for pathogen dynamics in one or more acridoid systems	2a. Publications in refereed journals 2b. External review	2a. Mathematical tractability of the system for modelling. 2b. Accurate estimation of parameters
3. <u>Environmental Impact</u> Demonstration of the human and environmental safety of the mycoinsecticide.	3. Quantified test results indicating safety.	3. A safety report to acceptable international standards.	3. Cooperation of national and international regulatory authorities and environmental assessment programmes
4. <u>Socio-economics</u> A plan for mycoinsecticide production and use based on an assessment of socio-economic factors in target countries.	4. The most socio-economically appropriate plan for the use of mycoinsecticides to control locusts and grasshoppers.	4a. Adoption of the technology. 4b. Publications in refereed journals 4c. External review	4a. Adequate cooperation from governments and national programmes. 4b. Access to economic data on acridid impact and control

APPENDIX 5 A: Page 3 of 3

PROJECT STRUCTURE	INDICATORS OF ACHIEVEMENT	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
5. <u>Training</u> African scientists and technicians trained for research on and use of mycoinsecticides.	5a. Attendance of scientists and technicians at courses. 5b. Inclusion biopesticides in DFPV training courses.	5a. Students' theses and reports 5b. Numbers of trained personnel in national programmes	5a. Suitable candidates available 5b. Facilities available 5c. Funding available
6. <u>Networking</u> An African locust and grasshopper biological control research and training network established	6. Research and training activities of the network	6a. Network reports 6b. National programme reports 6c. Publications in refereed journals.	6a. Network funding available 6b. Commitment of national authorities
7. <u>Preservation/Characterization</u> Preserved collections of at least 40 virulent isolates characterized by biochemical and molecular techniques.	7a. 40 isolates characterized and preserved 7b. Isolates available to users	7a. Catalogue of the collection 7b. Publications in refereed journals. 7c. Collaborators' reports.	7a. Funding for storage and research 7b. Infrastructure available.

INPUTS : FRAMEWORK BUDGET (£ STERLING 1,000)

	1993	1994	1995	TOTAL
Personnel	350	370	393	1,113
Travel & Subsistence	67	72	76	215
Capital Equipment	106	0	0	106
Operating Costs	156	150	92	398
Training	80	115	90	285
<u>Sub-Total</u>	<u>759</u>	<u>707</u>	<u>651</u>	<u>2,117</u>
Administrative Charges	148	160	147	455
TOTALS	907	867	798	2,572

APPENDIX 5B

WORK BREAKDOWN STRUCTURE

PROGRAMME PURPOSE

Demonstrate the practical control of locusts and grasshoppers by mycoinsecticides on an operational field scale.

PROGRAMME ACTIVITIES

100 MANAGE THE PROGRAMME

110 DONORS

120 EXECUTING AGENCIES

- 121 Provide infrastructure
- 122 Recruit personnel
- 123 Direct and administer agency activities
- 124 Manage agency finances
- 125 Implement acceptable financial audits

130 PROGRAMME MANAGEMENT COMMITTEE (PMC)

- 131 Review progress
- 132 Approve work plans
- 133 Review and approve budgets
- 134 Monitor expenditures
- 135 Terminate the programme

140 PROGRAMME MANAGER

- 141 Administer Programme Management Committee
- 142 Produce bi-annual financial reports
- 143 Coordinate agency activities
- 144 Implement PMC directives
- 145 Coordinate external reviews
- 146 Liaise with donors

150 PROGRAMME LEADER

- 151 Lead and coordinate research
- 153 Provide bi-annual progress reports
- 154 Provide bi-annual work plans

160 JOINT PROJECT LEADER

- 161 Lead and coordinate field research
- 162 Coordinate postgraduate and national programme scientist training

170 TRAINING AND NETWORK COORDINATOR

- 171 Liaise with national programmes
- 172 Lead and coordinate group training courses
- 173 Coordinate and administer the network

APPENDIX 5B

Page 2 of 3

- 180 NATIONAL PROGRAMMES
 - 181 Commit resources to entomopathology
 - 182 Support and administer participation in network activities
 - 183 Release staff for training

200 FIELD TESTING AND SPORE PRODUCTION

- 210 ESTABLISH LINKS WITH COLLABORATING NATIONAL PROGRAMMES
 - 211 Convene periodic planning meetings of national scientists
 - 212 Develop and publish annual research plans
- 220 FIELD TESTS
 - 221 Maintain colonies of test insects
 - 222 Mass-produce spores
 - 223 Cage and Arena trials
 - 224 Field Trials
 - 224.1 < 1.0 ha
 - 224.2 4 - 10 ha
 - 224.3 10 - 100 ha
 - 225 Publish results

300 APPLIED RESEARCH IN SUPPORT OF FIELD TESTING

- 310 ECOLOGICAL STUDIES
- 320 MICROBIOLOGICAL RESEARCH
- 330 BIOLOGICAL ASSAY
- 340 PRESERVATION
- 350 CHARACTERIZATION
- 360 FORMULATION AND APPLICATION RESEARCH
- 370 PUBLISH RESULTS

400 TRAINING AND NETWORKING

- 410 TRAINING
 - 411 Research Scientists
 - 311.1 Visiting Scientists and Research Fellows
 - 311.2 Workshops
 - 311.3 Short-term work experience
 - 412 Postgraduate Students
 - 312.1 MSc
 - 312.2 PhD
 - 413 Technicians
 - 313.1 Group Courses
 - 313.2 On-the-job training

APPENDIX 5B

Page 3 of 3

- 420 NETWORKING
 - 421 Establish steering committee
 - 422 Network planning meetings
 - 423 Network research
 - 424 Network training

500 ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC ASSESSMENTS

- 510 ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES
- 520 SOCIO-ECONOMIC RESEARCH

600 EXPANSION OF THE PROGRAMME

- 610 IDENTIFY PARTICIPATING COUNTRIES
- 620 IDENTIFY SOURCES OF BILATERAL AID
- 630 PREPARE FUNDING PROPOSALS
- 640 IMPLEMENT EXPANDED FIELD TESTING PROGRAMME

INTERMITTENT: "oooooooooooooooooooo"

PAGE 1 OF 2

[illegible]

APPENDIX 5C

LOCUST AND GRASSHOPPER BIOLOGICAL CONTROL PROGRAM

TITLE: IMPLEMENTATION SCHEDULE: PHASE 2

LEGEND: ONGOING:

INTERMITTENT: ~~~~~

DATE PREPARED: JUNE 1992

PREPARED BY: PROGRAM MANAGER

PAGE 2 OF 2

[illegible]

Appendix 6.

Acronyms & Abbreviations

APB (WA)	Agricultural Protection Board (West Australia)
APLC	Australian Plague Locust Commission
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft (Darmstadt)
BCP	Biological Control Programme (IITA)
CABI	CAB International
CATIE	Centro Agronomico Tropical Investigacion y Enseñanza (Costa Rica)
CDA	controlled droplet application
CIDA	Canadian International Development Agency
CILSS	Comité Inter-Etats pour la Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (France)
CNLA	Centre National de la Recherche Scientifique (Montpellier)
CNRCB	Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (Mexico)
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique (Montpellier)
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australia)
DAL	Department of Agriculture and Livestock (Papua New Guinea)
DFPV	Département de Formation en Protection des Végétaux (Niger)
DGIS	Netherlands Directorate General for International Co-operation
DLCOEA	Desert Locust Control Organization for Eastern Africa
EEC	European Economic Community
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
FAO	Food and Agriculture Organization (United Nations)
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Germany)
IGR	insect growth regulator
IIBC	International Institute of Biological Control (CABI)
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
IMI	International Mycological Institute (CABI)
INIA	National Institute for Agriculture Research (Cape Verde)
IPARC	International Pesticide Application Research Centre (U.K.)
IRLCOCSA	International Red Locust Control Organization for Central and Southern Africa
NORAGRIC	Norwegian Centre for International Agricultural Development &
NRI	Natural Resources Institute (ODA)
ODA	Overseas Development Administration (UK)
OTA	Office of Technology Assessment (Congress of the United States)
PARC	Pakistan Agricultural Research Council

PHMD	Plant Health Management Division (IITA)
PPI	Plant Protection Institute (Crete)
PRIFAS	Programme de Recherche Interdisciplinaire Francais sur les Acridiens du Sahel
RAPD	randomly amplified polymorphic DNA
RFLP	restriction fragment length polymorphism
SPC	Surveillance des Pathogènes des Criquets (DFPV)
SPV	Service de Protection des Végétaux
ULV	ultra low volume
USAID	United States Agency for International Development
USDA-ARS	United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service
UV	ultra-violet

RECOMMENDATIONS OF THE MID-TERM EVALUATION MISSION

MAY 7, 1991

REVIEW TEAM

Chairman: Dr. Donald Roberts (USAID)
Members: Dr. Dan Johnson (CIDA
Dr. Pieter Oomen (DGIS)
Dr. Keith Jones (ODA)

Conclusions and Recommendations.

xi. The geographical separation of the three implementing agencies has resulted in difficulties in inter-agency communication, coordination and scientific consultation. This has been compounded by the lack of a formal agreement defining CILSS-DFPV responsibilities and inputs. High priority should be given to improving coordination, communication and external scientific support of the program. CILSS-DFPV should be fully

integrated into the program structure and a unified document fully defining objectives and responsibilities of all the implementing institutes should be prepared.

xii. The possibility of killing desert locusts using oil-based ULV formulations of *Metarhizium* has been confirmed through laboratory and outdoor bioassays. Laboratory screening methodology still lacks accuracy and efficiency. Field testing procedures still have a preliminary character. Research on mass production has not yet started. Experimental methodology and analysis, including laboratory and rearing facilities should be improved. Development of mass production technologies should be initiated as soon as possible.

xiii. In spite of considerable investments spent on surveying for new pathogens, few new isolates of suitable fungi have been collected. For achieving the aim of effective biocontrol of locust and grasshopper species, the isolation of suitable strains is required. Therefore, survey efforts should be expanded, primarily through the use of survey networks. Searches should not be restricted to desert locust recession areas. CILSS-DFPV and CABI-IIBC exploration scientists should aim to complete active surveying by December 1992, after which new material should be provided exclusively by the networks.

xiv. Targets for research and requirements of the research output have been insufficiently defined in several areas (efficacy and formulation requirements, ecological studies, environmental safety testing). Further research should be based on more explicit targets and requirements. Countries in which mycopesticides will be tested and used should be asked and if necessary advised on the requirements for safety testing. A critical path of research activities, including estimated costs, should be prepared by August 1991 for the Program Management Committee (PMC) and donors.

xv. Opportunities for replicated field trials against desert locusts are unlikely to occur during the current recession period for lack of gregarious or extensive non-gregarious populations. The emphasis on the research should therefore be switched from desert locusts to control of important grasshopper species. Most of the methodology and results obtained with research on grasshoppers is likely to be transferable to desert locust control, especially for control of locust hopper bands and adults on the ground, rather than for spraying flying swarms. Practical control strategies for desert locusts and for important grasshoppers incorporating the use of mycopesticides should be formulated.

xvi. Sustainable control of locust and grasshoppers with mycopesticides will require acceptance of new technologies by national scientists and end-users. This can be achieved through training and extension activities. Training plans, apart from CILSS-DFPV, are generally lacking. A formalized training program and time table, incorporating scientists and technicians from

national plant protection services and research institutes should be prepared. Outputs of the program should be incorporated, where possible, into already established training and extension programs.

xvii. The program participants have not taken full advantage of outside expertise. This has been partly a result of the secrecy enforced before the lodging of the patent. Increased use of outside consultants should be made. The identification of targets and problems by the PMC would be aided by the setting up of a scientific expert advisory panel.

xviii. Results to date have indicated that control of some locust and grasshopper species using mycopesticides could be possible, but this still needs to be demonstrated in replicated field trials. The review team does not believe that the program is ready to proceed to the next phase (large scale field testing and implementation). Sufficient progress and promise were noted to recommend that further funding should be made available from December 1992 to extend the current phase, primarily to demonstrate the effectiveness of control with mycopesticides in replicated field trials, to develop mass production methodology and to initiate training on a wider scale. Towards the end of this extension a socio-economic assessment of the proposed control strategy should be undertaken and achievements of current objectives should be determined before initiation of the large-scale field trials.

General comments

xix. In addition to the above, the review team remarks that the multi-donor aspect of this program affords the opportunity for several governments to combine forces in attacking a problem of wide geographical importance.

xx. A novel administrative feature is the PMC. Each of the implementing units is represented by voting members, and the donors by monitoring (non-voting) representatives who are expected to participate actively in discussions preceding Committee decisions. In addition, experts are invited to Committee meetings to address specific pressing issues. The frequent contact between all donors and implementing units in a decision-making setting affords excellent opportunities for rapid problem identification and resolution. This program design has engendered a cooperative spirit, and its use in other organizationally complicated programs is recommended.