

insecticides et matériel d'épandage
pour
la lutte contre la tsé-tsé



**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR
L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE ROME**

insecticides et matériel d'épandage
pour
la lutte contre la tsé-tsé

préparé par le
centre for overseas pest research
londres

avec l'aide du
programme des nations unies pour le développement

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-20

ISBN 92-5-200183-2

Reproduction interdite, en tout ou en partie, par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation écrite de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, seule détentrice des droits. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

© FAO 1977

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer tout particulièrement notre gratitude à MM. A.B. Hadaway, C.W. Lee, K.J.R. MacLennan, J.D. Parker, F. Barlow et W.R. Wooff à qui nous sommes redevables de la plupart des renseignements figurant dans le présent rapport. Nous adressons aussi nos remerciements à MM. A.A. Arata, D.A.T. Baldry, J. Ford, C.F. Hemming, T. Jones, A.M. Jordan, G.A. Matthews, A.R. Stiles, M. Vandekar et W.S. Watts pour leurs conseils et leur assistance, ainsi qu'à MM. P. Finelle, J. Hamon et P.T. Haskell pour leur concours et leurs encouragements.

Enfin, nous remercions tout le personnel des nombreuses organisations de lutte contre la mouche tsé-tsé en Afrique (en particulier MM. C.S. Tarimo, M.K. Gao, R. Stjernstedt, L.D. Semakula et C. de F.E. Sousa) et les fabricants d'appareillage chimique et d'équipement de pulvérisation du monde entier qui, en répondant à notre enquête, ont fourni un apport précieux et constructif pour la préparation de ce rapport.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
<u>1ère PARTIE. EXAMEN DES INSECTICIDES ET DU MATERIEL</u>	
<u>D'EPANDAGE POUR LA LUTTE CONTRE LA TSE-TSE</u>	
<u>REMERCIEMENTS</u>	iii
<u>INSECTICIDES</u>	1
HISTORIQUE	1
RESISTANCE	3
EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	3
RECHERCHE DE NOUVEAUX COMPOSES	4
SENSIBILITE DES DIFFERENTES ESPECES	5
ESSAIS SUR LE TERRAIN	7
FORMULATIONS	8
<u>MATERIEL D'EPANDAGE AU SOL</u>	11
INTRODUCTION	11
MATERIEL A PRESSION HYDRAULIQUE	12
<u>Buse de pulvérisation</u>	12
LANCES DE PULVERISATION	13
MODELES A SOUPAPE DE FERMETURE	14
MODELES A TIGE DE CONTROL	15
APPAREILS A MAIN	16
<u>Pulvérisateurs à accumulation de pression</u>	17
<u>Pulvérisateurs sans accumulation de pression</u>	18
<u>Régulateurs de pression</u>	20

<u>Appareils à moteur</u>	21
MATERIEL PNEUMATIQUE	22
<u>Nébulisateurs à dos, motorisés</u>	22
MATERIEL A ENERGIE CENTRIFUGE	23
GENERATEURS DE FUMES	23
GENERATEURS DE BROUILLARD THERMIQUES	24
DIFFUSEURS D'AEROSOLS	24
CHOIX DU MATERIEL	25
<u>MATERIEL D'EPANDAGE AERIEN</u>	26
GENERALITES	26
MISE AU POINT DES TECHNIQUES DE PULVERISATION AERIENNE	27
<u>Techniques de pulvérisation non-rémanente</u>	28
<u>Techniques de pulvérisation rémanente</u>	30
MATERIEL POUR LES TRAITEMENTS A INSECTICIDES NON-REMANENTS	31
<u>Tube ouvert</u>	31
<u>Système de refroidissement</u>	31
<u>Atomiseurs rotatifs (mus par l'air)</u>	33
<u>Buses de pulvérisation hydrauliques</u>	33
MATERIEL POUR LES TRAITEMENTS INSECTICIDES REMANENTS	34
<u>Appareil Bi-Flon</u>	34
<u>Rampe et buses</u>	35
<u>Atomiseurs rotatifs (électriques)</u>	36
TYPES D'AEROSOLS CONVENANT AUX OPERATIONS ANTI-TSE-TSE	37
NAVIGATION ASSISTEE	39

<u>2EME. FUTURS BESOINS EN INSECTICIDES</u>	43
<u>INSECTICIDES</u>	43
EPANDAGES A FORT VOLUME SUR LA VEGETATION	44
EPANDAGE AERIEN A VOLUME ULTRA FAIBLE	46
<u>MATERIEL AU SOL</u>	49
MATERIEL A ENERGIE HYDRAULIQUE	49
<u>Lances à pulvérisation</u>	49
<u>Canons à pulvériser</u>	49
<u>Pulvérisateurs à pression maintenue</u>	50
<u>Pulvérisateurs manuels à compression</u>	50
<u>Pulvérisateurs à levier</u>	50
<u>Nébulisateurs à dos motorisés</u>	51
<u>Appareils montés sur véhicules</u>	51
<u>Appareils à brouillard</u>	51
<u>Diffuseurs manuels d'aérosols</u>	51
<u>MATERIEL AERIEN</u>	52
BESOINS EN MATERIEL DE PULVERISATION AERIENNE	52
<u>3EME PARTIE. RECHERCHE SUR L'AMELIORATION DE LA TECHNOLOGIE</u>	
<u>DE LA LUTTE CONTRE LA TSE-TSE</u>	55
CONSIDERATIONS ECOLOGIQUES	56
CONSIDERATIONS SPECIFIQUES	57
EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT	59
<u>ORIENTATION FUTURES DE LA RECHERCHE</u>	60
EVALUATION EN LABORATOIRE DE NOUVEAUX INSECTICIDES ET	
DE NOUVELLES FORMULATIONS	61

ESSAIS SUR LE TERRAIN DE NOUVEAUX INSECTICIDES ET DE NOUVELLES TECHNIQUES	62
<u>Epandage au sol d'insecticides rémanents</u>	62
<u>Epandage au sol d'insecticides non-rémanents</u>	62
EPANDAGE D'INSECTICIDES REMANENTS A PARTIR D'HELICOPTERES	63
EPANDAGE D'INSECTICIDES NON-REMANENTS A PARTIR D'HELICOPTERES	63
EPANDAGE D'INSECTICIDES NON-REMANENTS A PARTIR D'AVIONS DE TAILLE MOYENNE	64
APPENDICES	65
BIBLIOGRAPHIE	73

APPENDICES

- I. Propriétés des nouveaux composés
- II. Applications au sol d'insecticides rémanents
- III. Epandages au sol d'insecticides non-rémanents
- IV. Epandages d'insecticides rémanents par hélicoptère
- V. Epandages d'insecticides non-remanents par hélicoptère
- VI. Epandages d'insecticides non-rémanents par avion moyen-porteur

Ière PARTIE. EXAMEN DES INSECTICIDES ET DU MATERIEL D'EPANDAGE POUR LA
CONTRE LA TSE-TSE

INSECTICIDES

HISTORIQUE

Lorsque le DDT fut disponible en 1945, l'East African Tsetse Research Organization -- Organisation de Recherche sur la tsé-tsé de l'Afrique de l'Est -- montra rapidement en laboratoire qu'un contact de quelques secondes des tarse avec une surface pulvérisée pouvait être mortel pour les mouches tsé-tsé (105) mais des essais ultérieurs sur le terrain avec des boeufs-pièges traités ne donnèrent pas de résultat car la concurrence du gibier comme hôte de la tsé-tsé était trop forte pour ces boeufs qui devaient par ailleurs être pulvérisés à intervalles trop courts (8, 107). Pendant ce temps, également en Afrique de l'Est en 1945, le Colonial Insecticides Research Unit - Unité Coloniale de Recherche sur les Insecticides (prédécesseur du Tropical Pesticides Research Institute - Institut Tropical de Recherche sur les Pestes) montra que des dépôts de DDT et de HCH sur les feuilles étaient mortels pour les mouches tsé-tsé après un bref contact, et démontra par des essais de terrain dans des îles du Lac Victoria qu'un seul épandage au sol à une proportion minime de la végétation réduisait le nombre de mouches comptées de 50 à 80% pendant une à deux semaines (95). Des applications répétées en vue de maintenir le dépôt toxique au-delà de la période de pupaison s'avéraient nécessaires pour assurer une réduction plus importante et plus durable (108, 109). Le dieldrine fut testé pour la première fois en 1955 (18) et remplaça bientôt le DDT pour les pulvérisations résiduelles sur la végétation au Kenya (40). C'est en Afrique occidentale

que commencèrent en 1953 les traitements rémanents de la végétation par un équipement de pulvérisation au sol. Depuis ces premières opérations jusqu'à ce jour le traitement de la végétation par des opérations de pulvérisation au sol a été presque exclusivement réalisé grâce au DDT et au dieldrine. Les seuls changements réels ont porté sur des techniques qui amélioraient l'efficacité et réduisaient les coûts, en réduisant les dosages ainsi que le nombre et la portée des épandages (21, 26, 28, 48, 63, 64, 74, 75, 76, 89, 90, 110).

Les épandages d'insecticides à partir d'aéronefs pour la lutte contre les tsé-tsé ont été effectués à partir de 1947 et la première opération réussie fut réalisée avec du DDT et de l'HCH en Afrique du Sud; les pulvérisations aériennes à partir d'avions et d'hélicoptères y furent combinées avec d'autres mesures pendant plusieurs années afin d'exterminer G. pallidipes (101). Un programme de recherche sur la pulvérisation aérienne pour la lutte contre la tsé-tsé commença en 1948 (page 29) au Tropical Pesticides Research Institute (TPRI) (13, 17, 19, 35, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 68), et ce programme a été l'avant-coureur des techniques de pulvérisation aérienne employées en Zambie (page 33) et au Botswana (page 30) de nos jours. Le DDT et l'HCH, les premiers insecticides utilisés, furent remplacés par le dieldrine et plus récemment par l'endosulfan à des doses aussi basses que 6 g/ha contenus dans 0,03 l (61, 82). Depuis la fin des années 1960, de nouvelles techniques furent mises au point pour l'épandage sur la végétation d'insecticides rémanents à partir d'hélicoptères (91).

RESISTANCE

Le choix des insecticides utilisés dans les opérations de lutte contre les tsé-tsé menées au sol ou par voie aérienne, et quelle qu'en soit l'étendue, s'est limité au DDT, à l'HCH, au dieldrine et à l'endosulfan qui sont tous des composés organo-chlorés. Lorsque les insecticides de cette classe ont été utilisés pour lutter contre les insectes vecteurs et les ennemis des cultures, une résistance à leur égard s'est fréquemment et rapidement manifestée et a posé un problème sérieux. On n'a pas encore indiqué de résistance des mouches tsé-tsé aux insecticides. Certains tests pratiqués dans le nord du Nigéria en 1968 indiquèrent que la sensibilité d'une population de G. palpalis au DDT et au dieldrine était restée pendant une période de quatre années (86), mais aucun programme systématique de surveillance n'a été entrepris en Afrique de l'Est ou en Afrique de l'Ouest pour détecter la résistance, et il n'y a aucune raison de penser qu'elle n'apparaîtrait pas tôt ou tard si les populations de tsé-tsé étaient soumises à une pression insecticide plus importante.

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Certains pays ont imposé des restrictions à l'utilisation des insecticides organo-chlorés à cause de leur persistance dans l'environnement et des effets secondaires indésirables sur les organismes non visés, et on pourrait de ce fait avoir quelques difficultés pour accepter ces composés ou en disposer dans la lutte contre la tsé-tsé. On a enregistré la destruction d'oiseaux et d'autres animaux sauvages immédiatement après des opérations de lutte contre les tsé-tsé effectuées avec des insecticides organo-chlorés (41, 65, 67). Il y eut une diminution générale dans le nombre d'oiseaux observés appartenant à certaines espèces insectivores, un an après

un seul épandage de dieldrine au Nigéria, mais la plupart des espèces touchées retrouvèrent ensuite leur densité d'avant la pulvérisation (66), et la surveillance en Ouganda montra que les programmes de pulvérisation ne laissaient pas de doses dangereuses de dieldrine dans le sol ou dans la végétation. Une évaluation écologique réalisée après des épandages aériens d'endosulfan en Zambie ne montra aucun effet nuisible de longue durée sur la faune des insectes, et des opérations similaires au Botswana n'ont jusqu'à présent produit aucun effet néfaste sur la population humaine, les bovins ou les poissons. A ce jour, des études diverses indiquent que les épandages rémanents d'une dose unique mais plus forte d'insecticide, à une partie choisie et restreinte de la végétation, a plus de chance d'avoir un impact sur les organismes non visés qu'un programme d'épandages aériens répétés.

RECHERCHE DE NOUVEAUX COMPOSES

La recherche systématique d'insecticides pouvant remplacer les composés organo-chlorés pour les opérations de lutte contre les tsé-tsé en temps oportun fut entreprise au TPRI à Arusha (9, 10, 12, 14, 15) et continuée au COPR dans le cadre du Programme d'Evaluation de l'OMS (43, 46). Certains des insecticides proposés ont également été testés récemment au Nigerian Institute for Trypanosomiasis Research (87) - Institut Nigérian de Recherche sur la Trypanosomiase.

Les tests biologiques de toxicité sur les tsé-tsé réalisés en laboratoire par des applications topiques de solutions de composés organo-phosphorés ont montré qu'aucun n'était plus toxique que l'endosulfan ou le dieldrine de façon notable, et que quelques uns seulement étaient

aussi efficaces que ces deux produits. Il s'agit des produits suivants: OMS-1825, OMS-1504, OMS-1283, fenthion, chlorvinphos, dicrotophos et crotoxyphos. Par contre le phosmet, le naled, le dichlorvos, le tétrachlorvinphos, le bromophos, le jodfenphos et le fénitrothion sont deux à quatre fois moins actifs. L'OMS-1825, l'OMS-1504, l'OMS-1283, le tétrachlorvinphos, le bromophos et le jodfenphos ont l'avantage d'être peu toxiques pour les mammifères. Le naled et le dichlorvos sont trop volatils.

Le proxopur et le bendiocarb, les plus actifs des N-méthyl carbamates testés et deux di-méthyl carbamates, le pyrolan et le dimétilan, sont aussi toxiques ou légèrement moins que l'endosulfan et le dieldrine.

Les tsé-tsé sont sensibles à la pyréthrine naturelle (10) et à de nombreux pyréthroides synthétiques comprenant le reséthrin et ses isomères constituants, le bioeméthrin et le cisméthrin, le perméthrin (NRDC143), le NRDC 149, le NRDC 156 et le NRDC 161 (6). Le NRDC 161 est remarquable par son efficacité 100 fois supérieure à celle du dieldrine sur G. austeni. Le resméthrin ressemble à la pyréthrine naturelle par son instabilité à la lumière, mais le perméthrin et le NRDC 161 sont stables à la lumière, non volatils et sont à l'heure actuelle les plus prometteurs des insecticides rémanents dans la lutte contre les tsé-tsé, bien que quelques pyréthroides puissent mieux convenir aux épandages successifs à faible dosage qu'aux pulvérisations uniques rémanentes en raison de leur toxicité élevée pour les poissons.

SENSIBILITE DES DIFFERENTES ESPECES

La variation de sensibilité des différentes espèces à un insecticide est un autre facteur important dans les opérations sur le terrain. Dès 1947 on nota une sensibilité quatre fois plus forte au DDT de G. pallidipes par rapport aux moins sensibles, G. brevipalpis, G. longipennis et

G. fuscopleuris, parmi 12 espèces et sous-espèces (105). G. swinnertoni est plus sensible que G. morsitans mais G. austeni, G. morsitans, G. palpalis et G. longipalpis semblent tolérer de la même manière de nombreux composés (43, 87) bien que peu de comparaisons aient été faites avec la même méthode et dans les mêmes conditions.

A l'intérieur d'une même espèce, la sensibilité à un insecticide peut varier suivant le sexe et l'état physiologique parce que la dose létale est vraiment différente ou bien parce que la dose atteignant les mouches est différente. Par exemple, le prélèvement d'un dépôt par une femelle gorgée de sang ou gestante peut dépasser celui d'une mouche ténérale (frais éclos) car la surface ventrale de l'abdomen s'ajoute à celle des tarsi pour le contact avec la surface traitée.

Les mouches ténérales des deux sexes et les vieux mâles gorgés sont en général également sensibles aux insecticides en solution, administrés par application topique (11, 43). Tous sont plus sensibles, toutefois, que les femelles gestantes aux insecticides organo-chlorés DDT, dieldrine et endosulfan (11, 43, 57), et on doit tenir compte d'une tolérance des vieilles femelles à des doses 4 à 9 fois supérieures pour les campagnes sur le terrain avec ces insecticides.

A ce jour, les tests de laboratoire indiquent un faible accroissement de tolérance des vieilles femelles gestantes aux pyréthrinés naturels et à un pyréthroïde synthétique, le resméthrin, mais aucun accroissement de tolérance aux composés organo-phosphorés: fenthion, tétrachlorvinphos et bromophos ainsi qu'au carbamate propoxur (11, 43, 87).

ESSAIS SUR LE TERRAIN

Certains des composés mentionnés plus haut et montrant une toxicité élevée pour les mouches tsé-tsé dans les tests de laboratoire, ont déjà été soumis à des essais sur le terrain. En 1966, dans le nord de la Tanzanie, 3 épandages aériens, à 3 semaines d'intervalle, de fenthion technique non dilué réduisirent de plus de 90% les populations de tsé-tsé pendant les 4 semaines suivant le traitement, mais aucun autre essai n'a été mentionné depuis. (58).

En 1967, on effectua en Tanzanie six épandages aériens à intervalles de 3 semaines d'une solution à 0,4% de poudre mouillable de pyréthrine naturelle synergisée par du pipéronyl butoxide à 2% dans du kérosène de moteur. Les populations de G. pallidipes furent réduites de 95% après trois épandages mais les épandages ultérieurs ne diminuèrent pas le nombre de mouches de façon significative. On considéra alors que les principaux facteurs responsables du manque d'effet étaient les conditions météorologiques défavorables pendant les épandages ainsi que les frondaisons complètes, aussi fut-il recommandé de poursuivre les travaux au vu des bons résultats initiaux (59). Par la suite, des épandages aériens de pyréthrine naturelle à une concentration plus élevée ne diminuèrent jamais fortement les populations de G. swinnertonii et de G. pallidipes (97, 98) bien que deux traitements au sol aient réduit la population de G. swinnertonii de 98% (96). Au cours d'essais de pulvérisation aérienne au Botswana en 1975, les pyréthrine naturelle à 0,6 et 1,2 g/ha n'aurent pas d'effet sur la population de G. morsitans. L'année précédente au Botswana, les mêmes dosages de bioresméthrin, un pyréthroïde synthétique, appliqués par voie aérienne à 2 ou 4% en solution

dans du gas-oil, avaient été trop bas également et avaient eu un effet minime ou nul sur la population de G. morsitans (71).

Avant cela, en république du Mali, l'hélicoptère fut employé pour l'épandage de cisméthrin, de bromophos, de jodfenphos, de fénitrothion et de tétrachlorvinphos pour que l'aérosol vienne au contact des adultes volants des forêts galeries, et pour l'épandage de tétrachlorvinphos et de méthoxychlor pour le contact rémanent (24). Des problèmes pratiques limitèrent la portée de ces essais, et des tests supplémentaires sur ces produits seraient utiles. Les essais ont montré la nécessité de poursuivre les recherches sur la pénétration des gouttelettes pulvérisées dans la végétation dense des forêts galeries (60) et sur le comportement au repos des mouches tsé-tsé, particulièrement la nuit.

FORMULATION

Pour l'épandage rémanent, les techniques utilisent le DDT et le dieldrine en émulsions et suspensions. Les concentrés à partir desquels celles-ci sont préparées sont ceux utilisés pour la santé humaine et l'unique exemple d'une formulation spécialement conçue et utilisée dans la lutte contre les tsé-tsé est celui du concentré d'émulsion de dieldrine 15T. Ceci implique une modification de la partie surfactante du concentré émulsifiable de dieldrine standard à 180 g/litre qui permet la préparation d'émulsions relativement concentrées contenant jusqu'à 5% d'ingrédient actif sans inversion des phases. Autrement les formulations qui répondent aux spécifications de l'OMS (Normes pour les Pesticides utilisés en Santé Publique, 1973) ont donné satisfaction.

Les méthodes d'épandage aérien ont utilisé des dosages volumétriques élevés d'émulsion de dieldrine (91) mais normalement l'aéronef distribue des volumes faibles ou très faibles de solutions concentrées de dieldrine,

de DDT ou d'endosulfan dans le but d'atteindre directement les mouches. On obtient l'efficacité et l'économie voulues en choisissant des insecticides très toxiques pour les mouches tsé-tsé, une gamme optimale de tailles de gouttelettes et des méthodes d'utilisation des appareils dans les meilleures conditions météorologiques. La volatilité du solvant de l'insecticide est un facteur important qui conditionne la taille des gouttelettes de l'aérosol au moment où il atteint la végétation ou le sol, et l'expérience est-africaine a montré que cette volatilité ne devait pas être trop élevée, sinon les gouttelettes devenaient trop petites pour atteindre leur cible avec efficacité. Le kérosène à point d'ébullition de 150 à 250°C donne des aérosols moins efficaces que le gas-oil à gamme plus large - 200 à 300°C - et qui a été utilisé comme solvant primaire ou de dilution. Malgré ces résultats, les solutions d'endosulfan récemment mises au point et les plus appréciées à l'heure actuelle (61, 82) sont préparées en diluant un concentré émulsifiable de 35% à 20% avec du Shellsol AB. Ce solvant a une plage d'ébullition de 186 à 214°C et on estime qu'une proportion substantielle du volume vaporisé se perd en l'air essentiellement parce que le solvant du concentré est encore plus volatil. Cependant, au moment de cette mise au point, on a du choisir la formulation parmi celles préparées pour d'autres épandages. De plus, la volatilité était nécessaire pour permettre aux gouttelettes de taille convenable de se former par évaporation de vaporisations plus grossières obtenues à l'aide de l'équipement disponible. Des solvants moins volatils sont maintenant examinés (voir page 10). Des insecticides qui sont eux-mêmes liquides, tels que le fénitrothion et le malathion, n'ont pas besoin de formulation pour l'épandage à volume ultra-réduit; ils n'ont pas été utilisés contre les tsé-tsé.

Les 20 dernières années ont vu peu de tentatives visant à améliorer les formulations pour l'épandage d'insecticides dans la lutte contre les tsé-tsé. La raison principale en est le souci d'économie. Il est plus économique d'utiliser des concentrés déjà en usage dans la lutte contre d'autres pertes et de les diluer avec des solvants pétroliers disponibles sur place que de transporter sur des longues distances des solutions spécialement préparées. Toutefois, certaines compagnies chimiques produisent des formulations spéciales et étudient l'utilisation de produits moins volatils. Par exemple, des essais sur le dieldrine et l'endosulfan dans divers solvants se sont déroulés au Nigéria et au Botswana. Les tests du Nigéria impliquent la pulvérisation sélective et rémanente par hélicoptère de dieldrine sur la végétation au taux de 800 g/ha sur environ 10% de la surface totale. Les résidus sont recherchés par des tests biologiques conduits sur des mouches capturées. Au Botswana, cinq épandages d'endosulfan sont pulvérisés à 6 g/ha et par traitement, le but étant d'obtenir un contact direct entre l'insecticide et les mouches soit sur les ailes soit dans leurs gîtes de repos. On mesure les changements intervenant dans les population de mouches. Ces deux essais suggèrent que les solvants moins volatils donnent les meilleurs résultats quoique les raisons de cette supériorité n'apparaissent pas clairement car la volatilité plus faible influence à la fois la persistance de l'insecticide dans les résidus et la distribution des tailles des particules dans le nuage vaporisé. Les solvants utilisés sont essentiellement non-volatils, par exemple des huiles végétales (huile de graine de coton, huile d'arachide ou huile de navette), le Genomoll (2-éthylhexylphtalate) et le Dutrex 217 (un dérivé pétrolier aromatique). Ils ont été comparés avec le gas-oil qui est en partie volatile et le

Shellsol AB qui est très volatil par rapport aux autres. Il vaut la peine de noter que les mentions "non-volatile" ou "peu volatile" données aux solutions dans les rapports ne décrivent correctement qu'une partie seulement des solvants qu'elles contiennent. Une volatilité extrêmement faible se traduit par une viscosité élevée et les solutions contiennent d'autres solvants plus volatils pour réduire la viscosité au niveau souhaitable pour la pulvérisation et, dans certains cas, pour s'assurer que l'ingrédient reste en solution pendant le stockage.

MATERIEL D'EPANDAGE AU SOL

INTRODUCTION

Quiconque n'est informé sur les pulvérisations au sol contre les tsé-tsé que par les publications aura quelque difficulté à découvrir le mode d'application des insecticides. La diffusion d'informations sur le matériel d'épandage des pesticides, qui se rapporte en grande partie à la lutte contre les tsé-tsé, a remédié à cette situation dans une certaine mesure. Le COPR et l'Overseas Spraying Machinery Centre (OSMC)- Centre de machinisme d'épandage d'Outre-Mer - en collaboration avec d'autres unités scientifiques du Royaume-Uni aide à promouvoir et coordonner la recherche et la mise au point de méthodes d'épandage répondant aux requêtes de pays d'outre-mer grâce au Sous-Comité sur l'Application des Pesticides Outre-mer (80) du Comité de Coordination des Conseillers sur les Ressources Naturelles, établie par le Ministère de la Coopération britannique (Ministry of Overseas Development Natural Resources Advisors Coordinating Committee - ODM NRACC - Sub-Committee on Pesticide Application Overseas). L'évaluation des pulvérisations est le but des recherches en cours à l'OSMC (79) et de nombreux essais sont basés sur les recommandations de l'OMS (30, 112).

Le matériel d'épandage est utilisé pour disséminer des pesticides en phase liquide sous forme de suspensions, d'émulsions et de solutions aqueuses. Il n'est pas possible de faire la liste de tout le matériel couramment utilisé ou disponible, mais le dispositif indiqué ci-dessous a été utilisé dans les opérations de lutte les plus importantes; il s'agit par exemple des diffuseurs d'aérosols utilisés dans la désinsectisation aux piquets de contrôle de la circulation, les nébulisateurs utilisés dans les premiers temps ayant pratiquement disparu alors qu'une gamme très variée d'appareils utilisant la pression hydraulique ou pneumatique est toujours en service régulier.

MATERIEL A PRESSION HYDRAULIQUE

Buse de pulvérisation

Il y a trois types de buse de pulvérisation produits par les buses à pression hydraulique: le jet en éventail, le jet compact et le cône creux. Le nombre très limité d'occasions où le jet en éventail a été utilisé pour les tsé-tsé reflète bien ses limitations. Lors d'une campagne contre G. palpalis (39), un pulvérisateur Eclipse^{1/} fut équipé d'une rampe à buses donnant des jets en éventail pour traiter les feuilles et les tiges des plantes le long des chemins. Une difficulté de ces buses provient de la nécessité d'orienter l'éventail pour couvrir la surface à traiter.

Les diagrammes de pulvérisation en cônes sont produits par des buses qui consistent essentiellement en un disque tourbillonnaire avec des fentes ou des trous de biais qui produisent un tourbillon dans le flux d'insecticide,

^{1/} ECLIPSE SPRAYERS LTD., Rawlings Road, Smethwick, WARLEY, West Midlands B67 5AB United Kingdom

l'obligeant à sortir de l'orifice en forme de cône de pulvérisation plein ou creux suivant la présence ou l'absence d'un trou axial dans la partie centrale. Il n'est pas certain que la buse à cône plein ait jamais été utilisée dans la lutte contre les tsé-tsé.

La buse à jet en cône creux est d'usage courant et produit une largeur d'épandage soit constante soit variable. Dans le premier cas, les dimensions réelles sont déterminées par la forme de la partie centrale, par la taille des orifices du disque de la buse et par la pression utilisée. Les limitations pratiques de ces buses proviennent de la nécessité d'ajuster constamment leur position par rapport aux surfaces à traiter afin d'assurer un jet d'insecticide de la largeur requise lorsqu'il faut pulvériser des troncs d'arbre ou des branches séparément (27).

On peut obtenir un épandage plus précis et donc plus économique si un opérateur qualifié utilise une lance de pulvérisation (quelque fois appelée 'canon') émettant un cône de pulvérisation qui peut être ajusté instantanément pour s'adapter à la largeur des objets à traiter. Ceci peut être obtenu en modifiant la longueur de la chambre de turbulence. La largeur angulaire du cône à une pression donnée est inversement proportionnelle à la longueur de la chambre entre le bloc tourbillonnaire et le disque à orifices. Le gaspillage peut être évité autrement en modifiant la distance entre la buse et la surface visée mais cela peut demander des mouvements plus rapides de la buse lorsque la surface est proche.

LANCES DE VAPORISATION

Deux lances de vaporisation sont communément employées. L'une a une soupape de fermeture dans le manche pour contrôler le flux d'insecticide, et produit un cône constant ou variable, suivant le type d'ajutage. Avec

l'autre; la forme du cône est réglée du manche au moyen d'une tige de contrôle située à l'intérieur de la lance.

MODELES A SOUPE DE FERMETURE

Ceux-ci consistent en une soupape à fermeture instantanée, actionnée par un poussoir et qui forme avec le tube et la buse l'ensemble de la lance. Pour produire un cône de forme constante, le montage de la buse contient un cône de turbulence, un disque à orifices et un capuchon vissé. La forme du cône produit pour une pression donnée dépend de la forme du disque tourbillonnaire et de la taille des orifices dans le disque. Les buses à cône variable comportent le corps de la buse, attachée à l'extrémité de la lance au moyen d'un raccord. Les variations de formes du cône sont obtenues en modifiant la longueur de la chambre de turbulence entre la partie centrale et le disque, en vissant ou dévissant le capuchon. Un anneau en 'O', immédiatement au-dessus de la portion filetée du corps, empêche les pertes d'insecticide le long de la lance depuis la buse.

Le canon à pulvériser CP601^{2/} a été utilisé dans certains pays. Il comporte une soupape de coupure actionnée par un poussoir, avec un corps en cuivre, un poussoir en acier renforcé, un tube en cuivre de 58,5 cm de long, coudé à 45° près de l'extrémité distale et une buse à cône simple No. 520/P. La buse possède une cage de turbulence en plastique, dont un seul modèle est disponible, un disque en acier inoxydable et un capuchon en plastique. On peut disposer de six diamètres d'orifice différents, allant de 0,79 à 2,38 mm, mais au Nigéria comme en Ouganda, c'est le disque No. 12 avec un orifice de 1,19 mm qui est adapté.

On trouve également dans cette catégorie le canon à pulvériser Stoprex^{3/}. Celui-ci a un poussoir à pouce, au contraire des modèles décrits plus haut et qui ont tous un poussoir de soupape de coupure actionné par les quatre autres doigts. La lance et le montage de la buse à cône constant sont cependant semblables à ceux du CP601, mais la buse variable Rex^{4/} est d'un modèle différent. Les variations de longueur de la chambre de turbulence sont obtenues en faisant tourner un collier auquel sont ajustés un disque à orifice en acier inoxydable et un capuchon de buse en plastique des mêmes modèles que ceux utilisés pour les cônes creux.

MODELES A TIGE DE CONTROL

Les canons à pulvériser de ce modèle sont prévus pour les situations où des changements fréquents et rapides de la largeur de l'épandage sont nécessaire, par exemple lorsque l'opérateur traite des troncs d'arbres différents et le dessous des branches plus ou moins éloignées. Comme dans le cas des buses à cône variable décrites plus haut, la forme du diagramme de pulvérisation change suivant la longueur de la chambre de turbulence. Le disque est fixe mais la tige de contrôle déplace la cage. Le canon à pulvériser CP700^{5/} est un exemple de ce modèle largement utilisé en Ouganda auparavant mais qui n'est plus disponible.

Un système un peu différent pour régler la forme du cône se rencontre dans les lances de pulvérisation GunJet No. 12 et No. 14^{6/} dont l'utilisation au Botswana a été mentionnée (3). La différence essentielle entre celles-ci et le no 700 est que les modifications de la chambre de turbulence vient

^{3/} Berthoud, 48 rue Victor Hugo, 69002, Belleville-sur-Saône (Rhône) France

^{4/} Berthoud, 48 rue Victor Hugo, 69002, Belleville-sur-Saône (Rhône) France

^{5/} Cooper Pegler Limited, Burgess Hills, Sussex RH15 9LA, United Kingdom

^{6/} Spraying Systems Co., Schmale Road, Wheaton, Illinois 60187 U.S.A.

d'une rotation de la tige de contrôle. Lorsqu'on tourne le manche, la chambre de turbulence s'ouvre progressivement et la pulvérisation sort d'abord sous forme d'un cône court et large. En continuant le mouvement, le cône s'allonge et rétrécit jusqu'à former un jet compact lorsque la chambre de turbulence est complètement ouverte après un tour complet. Les dimensions du cône sont liées à la pression de fonctionnement et à la taille de l'orifice. Deux types de garnitures peuvent être utilisées pour produire des cônes creux. L'un est un disque en acier inoxydable, prévu pour les doses élevées, tandis que pour un épandage plus léger, le disque peut être remplacé par une buse de pulvérisation ConJet^{7/}, choisie parmi une gamme de dix tailles différentes.

Une autre lance où le cône de pulvérisation est réglé par une détente mue par une tige de contrôle a été utilisée avec un pulvérisateur monté sur un véhicule Platz en Zambie. Le débit de chaque lance est contrôlé par le fonctionnement manuel du poussoir et peut varier entre un cône très fin et un jet compact (37). Le débit maximum (d'une lance) est d'environ 4 l/mn avec un orifice discal de 2 mm et de 2,18 l/mn pour un orifice discal de 1,5 mm. Le jet maximum ne dépasse pas 15 m par vent nul.

APPAREILS A MAIN

Peu d'organisations ont adopté les pulvérisateurs à levier, plus légers mais moins robustes que les pulvérisateurs à compresseur manuel, qui sont d'un usage courant. En effet, à moins d'ajuster un mécanisme de régulation de la pression sur les premiers, des variations considérables de débit peuvent survenir en raison du changement de rythme de pompage, lié à la fatigue de l'opérateur. Les opérateurs ont également trouvé que le pompage

^{7/} Spraying Systems Co., Schmale Road, Wheaton, Illinois 60187, U.S.A.

continuel était plus fatigant que le pompage périodique des pulvérisateurs à compression. De plus ils ne peuvent se servir de leurs deux mains librement pour se frayer un chemin dans les endroits difficiles ou pour tenir fermement de longues lances lorsqu'ils pulvérisent le dessous de branches élevées, une main étant prise par le pompage.

Pulvérisateurs à accumulation de pression

Ces machines ont été utilisées largement car elles maintiennent la pression et demandent donc moins d'effort que les pulvérisateurs sans accumulation de pression. La pression de fonctionnement élevée réduit aussi la tendance au colmatage. Ce type de pulvérisateur peut être chargé rapidement au moyen d'une pompe détachable et il garde de l'air sous pression quand l'épandage est terminé; une soupape à balle flottante empêche les pertes de pression ultérieures.

Deux types de Colibri^{8/} sont encore utilisés dans les campagnes anti-tse-tse, chacun utilisant un type différent de pompe pour le chargement. Le Léo-Colibri^{9/} possède sa propre pompe manuelle détachable tandis que le Favori-Colibri^{10/} se charge grâce à une grande pompe manuelle ou motorisée qui peut remplir plusieurs appareils simultanément. Ceci peut économiser du temps, spécialement lorsque les opérateurs travaillent près de pistes (29) ou à proximité l'un de l'autre, par exemple pour le traitement de zones étroites de forêts riveraines (64). La pompe détachable est un autre aspect intéressant du matériel Colibri car il réduit le poids et donc la fatigue de l'opérateur, ce qui est appréciable dans les opérations

8/ 9/ et 10/ Vermorel - ne sont plus fabriqués.

très sélectives où la précision est essentielle. En Ouganda, où le Léo-Colibri est toujours en service, chaque opérateur est accompagné d'un porteur qui transporte une réserve d'insecticide et une pompe de chargement. Au Nigéria, une seule pompe manuelle mobile Favori-Colibri dessert un groupe d'opérateurs. Le Colibri a également servi en République Centrafricaine (34).

Pulvérisateurs sans accumulation de pression

Les pulvérisateurs sans accumulation de pression ont été largement utilisés et souvent préférés aux pulvérisateurs à accumulation de pression, en raison de leur moindre coût, du manque de modèles à accumulation satisfaisants et de la nécessité de stocker moins de pièces détachées.

Certains des premiers essais d'insecticides en Ouganda (95) ont été conduits avec des pulvérisateurs Kent^{11/}. Par le passé, on a vu brièvement ce pulvérisateur en service en Afrique orientale (38), occidentale (29, 76) et centrale (32), mais on ne peut trouver de référence quant au modèle préféré. Trois modèles ont servi pendant de nombreuses années, leur charges utiles étant de 4,5 l, 9 l et 13,6 l. Le cylindre de la pompe est en cuivre, étamé à l'intérieur pour empêcher la corrosion, et il est percé d'un trou assez petit, obturé par un bouchon (pour le remplissage).

Un autre appareil sans accumulation de pression est le Warley^{12/}, qui ressemble beaucoup au Kent. Lui aussi se remplit par une ouverture, mais qui se ferme par un capuchon. En Ouganda, il fut remplacé par le Léo-Colibri, avant le démarrage des campagnes de pulvérisation à grande échelle, mais plusieurs auteurs le mentionnent en service dans d'autres pays (39, 78, 81). Comme pour le Kent, il y a trois tailles de pulvérisateurs Warley, avec les memes charges utiles.

^{11/} Four Oaks Spraying Machine Co. Ltd. Four Oaks, Sutton Coldfield, Warwicks, UK.

^{12/} Eclipse Sprayers Ltd. Rawlings Road, Smethwick, Warley, Worcs., UK

Lorsque le Léo-Colibri ne fut plus fabriqué, on ne put trouver d'autre appareil satisfaisant à accumulation. Toutefois, aussi bien en Ouganda qu'en Nigéria, le CP201^{13/} était alors utilisé, avec un appareil Gloria^{14/} portant le même numéro. Comme pour tous les pulvérisateurs sans accumulation de pression, la pompe reste sur l'appareil pendant la pulvérisation. Comme le Kent et le Warley, il se remplissait par une ouverture pratiquée à cet effet au sommet du cylindre et munie d'un bouchon. Le modèle commercialisé du CP201 fut jugé beaucoup moins agréable à porter que le Léo-Colibri. Le poids supérieur était une raison mais aussi la position basse de la bande supportant le tourillon de la courroie supérieure, aussi près du sommet du réservoir que la courbure le permettait. La vie commerciale de ce pulvérisateur fut toutefois brève et en 1971 il fut remplacé par le CP148^{15/}.

Le trémie du CP148 est en acier inoxydable et la grande résistance de ce matériau à la corrosion peut être un atout, bien que la corrosion des trémies de cuivre soit négligeable avec des soins appropriés. La trémie (de 13,6 l de capacité) fournit une plus grande force de tension et la feuille de métal plus mince réduit le poids (à 7,4 kg). Il reste à voir comment ces parois plus minces résistent aux chutes qui se produisent inmanquablement lors du traitement de la végétation en terrain accidenté. A la différence de tous les appareils mentionnés plus haut, le CP148 n'a pas d'ouverture de remplissage séparée. Au lieu de cela, la pompe est retirée et l'insecticide est versé par cette ouverture, grâce à un entonnoir en plastique d'assez grande taille. Celui-ci est solidement lié à l'appareil et son prolongement entoure et protège à la fois le manomètre et la soupape de sécurité.

^{13/} Cooper Pegler Limited, Burgess Hill, Sussex, RH15 9LA, UK

^{14/} Gloria-Werke POB 109, 4724 Waderisch-i-Westf., Allemagne Fédérale

^{15/} Cooper Pegler Limited, Burgess Hill, Sussex, RH15 9LA, UK

D'autres modèles de capacité moindre ont été utilisés en Afrique (33, 34). Il s'agit du Muratori (10)^{16/}, du Galeazzi (10,12)^{17/} et du Hudson x pert^{17a/} qui se sont aussi montrés satisfaisants.

Pour les opérations de pulvérisation, le choix peut se faire entre le modèle de pompes à diaphragme et celui de pompes à piston comme la Cosmos^{18/} mais les deux ont été utilisés. Le dernier est indiqué dans une seule publication (103), bien que les deux modèles aient été utilisés en Zambie. Le Cosmos possède une trémie en acier inoxydable de 16 l de capacité mais la pompe, qui comprend un agitateur à palettes, est en plastique polyamide.

Contrairement aux autres appareils à levier, le Kestrel (21)^{19/} comporte une pompe fixée à l'extérieur de la trémie.

Le CP 3^{20/}, un appareil très différent est actuellement en service en Zambie et en Ouganda où il a remplacé le Polyclair^{21/}. Le corps en plastique polypropylène a une capacité de charge de 18 l et la pompe montée en-dessous est fondamentalement une pompe à diaphragme mais le support supérieur du diaphragme est conçu de telle façon qu'il sert de piston. Le cylindre de compression n'est pas un élément séparé, mais est coulé en une seule pièce avec le corps de pompe.

Régulateurs de pression

Peu d'auteurs font référence à la pression utilisée pour pulvériser, et les chiffres indiqués sont variables (73, 85). Quand l'adaptation d'un système à pression constante est recommandée (16), un bouchon amovible sur

^{16/} fabricant inconnu

^{17/} Firma Paolo Galeazzi S.p.A. Rome, Italy

^{17a/} H.D. Hudson Man. Co., 154 East Arie St., Chicago, Illinois, 60611 U.S.A.

^{18/} Berthoud, 69 Beleville-sur-Saône (Rhône) France

^{19/} E. Allman and Co. Ltd., Allman Patents Ltd. Birdham Rd. Chichester, Sussex
PO20 7BT, UK

^{20/et21/} Cooper Pegler Ltd., Burgess Hill, Sussex, RH15 9LA, U.K.

La soupape de sortie est nécessaire pour que les panes de l'appareil puissent être réparées sans perte de liquide à pulvériser. Les régulateurs de pression ont beaucoup servi au Nigéria avant d'être abandonnés car le contrôle visuel du dépôt réel d'insecticide par les opérateurs est meilleur. La soupape de contrôle de pression a quelquefois été remplacée par un régulateur de débit à disque, incorporé dans quelques pulvérisateurs.

Appareils à moteur

Dans un rapport sur des opérations de pulvérisation en 1956 le long de la Malawa, à la frontière entre l'Ouganda et le Kenya, on fait référence à une petite pompe à moteur (88). Cette pompe était utilisée à bord d'un canot pneumatique et permettait de pulvériser jusqu'à 8 m de distance. Il est admis que les canons à pulvériser du modèle 700 étaient utilisés conjointement à la pompe et que plus récemment les rives de cette même rivière furent pulvérisées de nouveau à partir d'un bateau. L'insecticide fut alors épandu grâce aux mêmes canons mais fourni par un modèle de pulvérisateur différent. Ce pulvérisateur consistait en une pompe à diaphragme haute pression mue par un moteur à essence à quatre-temps équipé d'un réducteur, deux conduites souples et une soupape réglable permettant de faire varier la pression de 10 à 30 kg/cm².

En Zambie, on utilisait couramment les pompes à moteur depuis le lancement des grandes campagnes d'éradication. L'équipement utilisé comporte une unité de pulvérisation Platz montée sur un tracteur Unimog modèle 411. L'unité consiste en une pompe à piston à trois temps actionnée par un villebréquin. L'insecticide venait d'un réservoir de 800 l monté sur un véhicule et arrivait par deux tubes souples à deux lances à la pression constante de 30 kg/cm². Ces lances étaient tenues par deux opérateurs assis sur des sièges tournants à l'arrière du plateau du véhicule, mais si le terrain était difficile, ils

marchaient à côté (2, 36, 37). Ce type de matériel, comparé aux méthodes manuelles, est relativement cher, tolère le gaspillage (81) et sera vraisemblablement remplacé par les pulvérisateurs à dos.

MATERIEL PNEUMATIQUE

Nébulisateurs à dos, motorisés

On les utilise dans la plupart des pays pratiquant la lutte contre les tsé-tsé. Le modèle actuellement en service en Tanzanie est le Motoblo Super ^{22/}70 qui ressemble beaucoup au Solo-Port ^{23/}400. Un moteur à deux temps de 70 cm³ équipe les deux modèles. Les pulvérisateurs Motoblo sont utilisés en Tanzanie depuis le début des années 1960 (21). Aussi bien le modèle 60 que le 90 ont servi au Nigéria à peu près à la même époque, avec une préférence pour le 60, plus léger et plus maniable. On a décrit d'autres opérations de pulvérisation avec ces appareils (77, 99), remplacés depuis par le CP ^{24/}40, qui n'est plus produit lui-même.

Malgré un moteur plus petit et relativement peu fiable, le CP 40 s'est montré un appareil raisonnablement efficace. Le réservoir à insecticide en plastique a une capacité de 10 l. Au Nigéria, l'appareil a fait ses preuves dans les pulvérisations d'insecticides rémanents sur les forêts de mangroves (66).

De nombreuses modifications furent apportées au CP 40, la plus importante consistant dans le remplacement du tube à air en plastique mince par un tuyau souple en caoutchouc recouvert de tissu, en raison de la facilité avec laquelle le tube plastique était percé par les épines, d'où une fuite appréciable d'air et une plus faible pénétration du nuage.

22/ Kent Engineering and Foundry Ltd. Tovil, Maidstone, Kent, UK

23/ Solo Kleinmotoren GmbH, 7034 Maichingen bei Stuttgart, Postfach 20,
République Fédérale d'Allemagne

24/ Cooper Pegler Ltd., Coopers Hill, Sussex, RH15 9LA, Royaume Uni

Trois appareils KWH 77^{25/} ont été utilisés en Ouganda, et dans bien d'autres pays (67, 100). On a aussi utilisé des nébulisateurs à dos à moteur en Rhodésie (32, 90) mais leur durée de service n'est pas connue.

MATERIEL A ENERGIE CENTRIFUGE

Le seul matériel mentionné dans les opérations de lutte (93) est le MEG^{26/}. Brièvement, il consiste en un grand ventilateur centrifuge, mu par un moteur à 4 temps, refroidi par air, de 420 cm³. A la sortie du carter du ventilateur se trouve la section aérofoil contenant une hélice qui, entraîné par le flux d'air, fait tourner une cage grillagée à un régime atteignant 20 000 tours/minute. L'insecticide est introduit dans cette cage par une buse et il sort en fines gouttelettes soufflées par le courant d'air.

Un autre type, le ULVA^{27/} est un atomiseur rotatif assez léger. L'insecticide est conduit par gravité à une buse au centre d'un atomiseur consistant en deux disques en plastique ondulés et empilés, à bords dentelés. Ils tournent à une vitesse pouvant atteindre 2 000 tours/minute grâce à un petit moteur électrique de 7 watts, alimenté par une batterie de 12 volts. L'ULVA sert beaucoup pour la protection des cultures sous les tropiques et au Nigéria on s'en est servi pour les épandages à volume ultra-faible.

GENERATEURS DE FUMEE

Certaines opérations de lutte à petite échelle ont été conduites grâce à des générateurs de fumée contre G. palpalis (G. fuscipes) en Ouganda (20, 47), mais il était difficile de disperser la fumée avec précision dans des conditions météorologiques variées. Quelques efforts ont été entrepris pour pallier ces inconvénients mais cette technique n'a pas été souvent employée.

^{25/} KWH Wevelwind Holland BV, Wadeoijen - 2720, Postbus 47, Bommelweg 63

^{26/} Micron Sprayers Limited. n'est plus fabriqué.

^{27/} Micron Sprayers Ltd., Three Mills, Bromyard, Herefordshire, UK

GENERATEURS DE BROUILLARD THERMIQUES

Certains rapports (36, 47, 94) existent sur les essais sur le terrain du Todd Insecticidal Fog Application (TIFA)^{28/}, et son utilisation dans le traitement de petites poches de tse-tse. Le Swingfog a également servi^{29/} (22, 23, 31, 62) et des versions plus grandes de cet appareil telles que le SNI00^{30/} adaptables sur un véhicule sont disponibles.

DIFFUSEURS D'AEROSOLS

Un problème dans toute opération de lutte contre la tsé-tsé est la prévention de la réinfestation et un aspect essentiel des mesures de protection est la suppression des mouches apportées par la circulation aux piquets de désinsectisation. Il est aisé d'attraper les mouches portées par les piétons, les cyclistes et les automobiles particulières avec des filets mais cette méthode est impraticable quand il s'agit des nombreuses mouches qu'un seul camion peut porter. En Ouganda, les piquets disposent de petits pulvérisateurs à main, et des modèles à énergie pneumatique ou hydraulique ont été essayés. Les premiers, toujours meilleur marché, très légers et destinés à l'usage domestique, ne sont ni économiques car ils durent peu, ni efficaces à cause des variations trop importantes dans la taille des gouttelettes produits. De bons modèles à énergie hydraulique tels que le 2180^{31/} sont plus satisfaisants. Ceux-là sont destinés à l'intérieur mais pourraient servir dans des bâtiments du genre garage construits aux piquets où les camions doivent être traités.

28/ Jaydon Engineering Co. Ltd. Beacon House, 28 Worple Rd. London SW19 4EE

29/ Jaydon Engineering Co. Ltd. Beacon House, 28 Worple Rd. London SW19 4EE

30/ Jaydon Engineering Co. Ltd. Beacon House, 28 Worple Rd. London SW19 4EE

31/ Ernest H. Hill Ltd., Beta Works, Fitzwilliam Street, Sheffield, UK

CHOIX DU MATERIEL

Dans une large mesure, la diversité des types d'appareils de pulvérisation utilisés dans les travaux d'éradication de la tsé-tsé reflète la diversité des habitats, non seulement du genre entier mais également des diverses espèces. De plus les pays pratiquant la lutte dans des conditions écologiques variées ont mis au point des techniques de pulvérisation au sol plus ou moins indépendamment. En conséquence, de nombreux facteurs locaux ont joué leur rôle dans le choix du matériel. La sélection des appareils tient compte de leur efficacité de pulvérisation, de leur coût, de leur maniabilité, de la fiabilité mécanique, de l'entretien et de la disponibilité en pièces de rechange. Bien que les organisations de lutte contre la tsé-tsé mènent des essais sur les insecticides et les formulations, il est rarement fait mention de comparaisons portant sur les différents appareils de pulvérisation.

Pour traiter des habitats de savane boisée très voisins contre G. morsitans, on s'est servi de canons à pulvériser et de pulvérisateurs à pression maintenue en Ouganda, et de nébulisateurs motorisés à dos en Tanzanie. En Ouganda, les insecticides persistants appliqués sur les gîtes de repos avec un canon à pulvériser 700 ont réussi. Un pulvérisateur à compression (à pression maintenue de préférence), adapté pour l'utilisation avec un canon à pulvériser, s'est montré le plus pratique lorsqu'il faut traiter la savane arborée et les forêts où le couvert n'est pas trop dense pour empêcher le passage à pied, ou lorsqu'il peut être ménagé par débroussaillage. Une soupape de contrôle de la pression est adaptée pour assurer une émission régulière, et ceci convient pour la pulvérisation des troncs jusqu'à 3,50 m de hauteur à une distance de 4 m. Une portée beaucoup plus importante est souvent nécessaire quand il faut traiter la végétation infestée de G. fuscipes à partir d'un bateau. Dans

de telles circonstances, le pulvérisateur à compression n'est pas adéquat mais on utilise une petite pompe à diaphragme haute pression et mue par un moteur. Avec une pompe à moteur on peut aussi utiliser une trémie de plus grande capacité qu'avec un pulvérisateur à compression, ce qui réduit le temps de remplissage au minimum.

Quand il s'agit d'habitats de broussailles ou de forêts de mangroves, les chemins d'accès coûtent cher. Des canons à pulvériser ou des nébulisateurs motorisés peuvent donner une meilleure pénétration dans ces cas et réduisent ainsi les coûts.

MATERIEL D'EPANDAGE AERIEN

GENERALITES

L'utilisation des insecticides est depuis quelques temps la méthode admise et la plus importante dans la lutte contre les tsé-tsé. Il est vraisemblable qu'elle le restera dans un avenir proche. Les traitements rémanents d'insecticides persistants (par exemple le DDT et le dieldrine) ont été utilisés de façon sélective et discriminative pour les méthodes de pulvérisation au sol. Cependant, les techniques de pulvérisation aérienne ont été mises au point de façon appréciable depuis quelques années, certainement au point de faire progresser l'utilisation de l'avion ou de l'hélicoptère dans les opérations d'épandage anti-tsé-tsé au-delà du stade expérimental. En ce qui concerne l'avenir, il est vraisemblable qu'une place prépondérante sera donnée à l'aéronef dans de nombreuses régions infestées et que tout programme de lutte comportera une part importante d'investissement aérien.

La raison principale du choix de l'aéronef provient du fait que de grandes opérations peuvent être menées avec plus de facilité qu'au sol, avec des besoins plus limités en personnel qualifié. Les aéronefs permettent de pulvériser des habitats inaccessibles du sol soit en épandant des dépôts rémanents sur des gîtes spécifiques soit en pulvérisant des zones plus vastes. Les épandages aériens d'insecticides peuvent produire une contamination de l'environnement plus générale, mais des dosages beaucoup plus faibles sont utilisés, et il est donc essentiel d'inclure une composante de surveillance et de contrôle de l'effet des pesticides dans tout programme d'épandage aérien (voir page 3).

Les techniques d'épandage par avion et par hélicoptère ont maintenant atteint un stade de mise au point tel qu'un matériel convenable est disponible pour répondre aux besoins de la lutte contre la tsé-tsé. L'épandage aérien d'insecticides sert maintenant à de nombreux et vastes programmes de lutte contre les tsé-tsé, et bien qu'il implique une mise de fonds considérable, il peut être moins coûteux que l'épandage au sol par unité de surface couverte, suivant l'insecticide choisi et la surface de la zone unitaire. Cela provient en partie d'un besoin limité en personnel et en support logistique dans les opérations aériennes et ceci simplifie souvent les plans d'opérations. Toutefois, des difficultés apparaissent souvent dans l'exécution des opérations d'épandage aérien lorsqu'il faut entretenir et réparer un matériel spécialisé dans des régions éloignées, et suivre scrupuleusement le programme des épandages répétés.

MISE AU POINT DES TECHNIQUES DE PULVERISATION AERIENNE

La recherche sur l'épandage des insecticides par avion ou hélicoptère pour la lutte contre les tsé-tsé a progressé par deux voies bien distinctes,

celles des 'traitements non-rémanents' et des 'traitements rémanents'. Bien que l'utilisation de l'aéronef en agriculture ait commencé il y a plus de 50 ans (1), les traitements aériens non-rémanents ont été utilisés depuis 30 ans seulement et les traitements rémanents depuis environ 8 ans, dans la lutte contre les tsé-tsé.

Les traitements non-rémanents sont basés sur des épandages successifs de très petites gouttelettes d'un insecticide relativement concentré, dispersé sur de vastes zones de savane arborée en vue d'obtenir un contact des gouttelettes avec les mouches tsé-tsé soit en vol, soit dans les gîtes de repos (45). Cette méthode a été largement appliquée en Afrique de l'Est, du Centre et du Sud. Les traitements rémanents à partir d'aéronefs ont été mis au point comme suite aux techniques traditionnelles de pulvérisation au sol et adaptées à la pulvérisation aérienne d'insecticides persistants sur des cibles spécifiques qui sont les gîtes de repos des tsé-tsé. Elles sont particulièrement adaptées à la lutte contre les tsé-tsé dans la végétation riveraine, les écotones et les lignes de drainage en Afrique de l'Ouest, spécialement là où l'habitat des tsé-tsé est restreint pendant la saison sèche.

Techniques de pulvérisation non-rémanente

Les opérations aériennes de lutte contre les tsé-tsé débutèrent peu après la seconde guerre mondiale en Afrique du Sud, où des avions Anson étaient équipés de prolongements tubulaires, fixés sur les pots d'échappement. Ces systèmes furent utilisés pour épandre des solutions à 5% de DDT (102) sur des régions infestées du Zoulouland. A peu près à la même époque commença en Afrique de l'Est un travail sur un programme expérimental de pulvérisation aérienne afin d'étudier les méthodes de lutte contre la tsé-tsé (page 2). Le travail fut mené sur une base expérimentale. Il comprenait des études sur les formulations d'insecticides et les techniques de pulvérisations et des évaluations physico-

chimiques et biologiques corollaires. Les premières expériences furent menées sur des avions de guerre équipés de systèmes grossiers, par exemple des tuyaux ouverts et des tubes de refroidissement utilisés pour la production de fines pulvérisations et d'aérosols grossiers (52, 53, 54).

Ces essais n'aboutirent pas à une lutte efficace contre la mouche, mais la recherche continua au cours des années pour améliorer les techniques d'épandage, le matériel de dispersion et les formulations d'insecticides. Finalement on aboutit à une lutte efficace, mais à un prix élevé (56). La mise au point d'un système de refroidissement adapté à un avion Cessna 182 capable de produire les caractéristiques souhaitées pour l'aérosol (70) fut suivie d'application pour l'épandage du dieldrine et de l'isobenzène (17), tout à fait satisfaisant pour lutter contre la tsé-tsé au moindre coût. En 1964, l'endosulfan fut introduit pour la première fois et l'expérience se solda par une économie très appréciable (51).

Ces expériences ouvrirent la voie à l'utilisation de l'avion et de l'hélicoptère dans la lutte contre les tsé-tsé par les méthodes de pulvérisation non-rémanentes et établirent les fondations de techniques mises au point ces dernières années en Afrique Centrale et Australe. En 1967, une expérience de pulvérisation aérienne fut conduite pour lutter contre la tsé-tsé dans le Sud-Ouest Barotseiland et fut le démarrage d'une grande opération de pulvérisation réalisée l'année suivante et couvrant une zone de 1600 km² (81). Ces techniques ont été raffinées depuis au Botswana en 1973 où un bimoteur Piper Aztec équipé d'un seul Micronair a servi à lutter contre la tsé-tsé dans le delta de l'Okavango (61, 71).

Techniques de pulvérisation rémanente

Des essais ont été conduits au Kenya (4, 72) sur une formulation expérimentale de dieldrine épandue par hélicoptère (Bell 47G) et par avion (Piper Pawnee 235) pour lutter contre G. pallidipes. L'insecticide était sous forme d'émulsion inversée, et appliqué à l'aide d'un système Bi-Flon.^{32/}

L'épandage par hélicoptère s'est révélé d'un coût prohibitif à cause des frais de fonctionnement mais les essais à partir d'avion continuèrent. L'insecticide épandu par cette méthode pénètre les frondaisons et produit des dépôts toxiques dans le couvert sous-jacent. La technique de pulvérisation mise au point consistait à épandre en andains à intervalles de 54 m à travers les couverts, avec un effet durable sur 8 mois.

En Afrique de l'Ouest, le DDT, le dieldrine et l'BCH sous forme de concentré émulsifiable ont été appliqués en premier lieu pour désinfecter la végétation riveraine de G. tachinoides (92). Deux épandages à trois semaines d'intervalle furent réalisés à partir d'un hélicoptère Bell (47G-4A 280 HP) équipé de rampe à buses (33, 34). Les zones traitées sont restées sans mouches pendant plus de 4 années. En 1971, une pulvérisation discriminative de dieldrine à la végétation habituelle pulvérisée du sol fut réalisée dans la zone de savane Nord-Guinéenne du Nigéria (ZSNG) (91). La région traitée comprenait une végétation riveraine, des zones à Isoberlinia et des écotones autour de collines et dans des bas-fonds (74). Un concentré émulsifiable (c.é.) de dieldrine à 20% fut épandu au dosage de 1,5 à 2,0 kg/ha et, sauf pour des exceptions isolées dues à des poches laissées de côté, ces zones sont restées sans mouches pendant plus de trois ans. Pendant l'année 1972, des essais de pulvérisation dans la ZSNG

^{32/} Shell International Chemical Co. Ltd., London, UK

menés grâce à un hélicoptère équipé de rampe à buses réussirent à supprimer G. morsitans pendant plusieurs mois avec une formulation à volume ultrafaible (V.U.F.) à 0,5 kg/ha et 1,5 kg/ha de dieldrine et d'endosulfan respectivement. Par la suite des essais portant sur huit atomiseurs ^{33/}ULVA^{33/} rotatifs électriques montés sur la rampe de l'hélicoptère indiquèrent que les populations de mouches étaient détruites et exterminées par des doses de 0,64 kg/ha de dieldrine et de 0,8 kg/ha d'endosulfan sous forme V.U.F. appliquées à environ 10% de la zone infestée (25).

MATERIEL POUR LES TRAITEMENTS A INSECTICIDES NON-REMANENTS

Tube ouvert

Les premiers essais conduits en Afrique de l'Est employèrent un avion Avro-Anson XIX équipé de quatre bacs d'une capacité totale d'environ 800 l. Le liquide à pulvériser arrivait par gravité dans deux gros tubes qui dépassaient le dessous du fuselage d'environ 35 cm. Le réglage de sortie à diaphragme Iris était situé à l'extrémité de chacun des tubes, et la commande était aux mains du pilote dans le cockpit pendant le vol. L'atomisation du liquide était obtenue grâce à l'action du remous qui brisait le jet de liquide en gouttelettes pulvérisées à la sortie du tube. Il n'est pas étonnant que le spectre des gouttelettes obtenues avec ce système plutôt simple ait été assez large; l'appareil fut abandonné par la suite.

Système de refroidissement

L'un des premiers systèmes utilisés pour la production de gouttelettes d'aérosol fut monté sur un avion Avro-Anson XIX (42). L'aérosol grossier était produit en faisant passer la solution dans un système de refroidissement

^{33/} Micron Sprayers Ltd., Three Mills, Bromyard, Herefordshire, UK

modifié. La solution passait dans un tube étroit de 22 mm de diamètre puis dans le tube de refroidissement à 50 cm de l'axe du pot d'échappement. Puis, elle passait le long des tubes extérieurs de 10 cm de diamètre, et sortait finalement vers le bas, verticalement, dans le sillage à 30 cm environ au-dessous du bord de fuite de l'aile. L'installation était basée sur un dispositif utilisé pour des travaux similaires de lutte contre la tsé-tsé en Afrique du Sud.

En 1962, on reprit la recherche sur la mise en point des systèmes utilisant les refroidisseurs pour produire des aérosols, afin de permettre la poursuite des études sur les épandages aériens d'insecticides dans la lutte contre la tsé-tsé. Un système fut mis au point pour un Cessna 182, consistant en un tube Inconel de 45,7 cm de long et 74,6 mm de diamètre fixé au tuyau d'échappement de l'appareil (70). Le liquide à pulvériser arrivait à la rallonge d'évacuation par un gicleur de réglage situé à l'extérieur du système de refroidissement. Un autre mécanisme consistait à fixer des rallonges aux deux tuyaux d'échappement, ces rallonges étant deux tuyaux d'acier inoxydable légèrement incurvés, de 5,1 cm de diamètre et d'environ 60 cm de longueur. Un réservoir à insecticide de 340 l Sorensen^{34/} était adapté sous le fuselage de l'appareil et le système comportait une pompe centrifuge Simplex^{35/} (d'un pouce) mue par un ventilateur à trois pales. Le flux du liquide était réglé par deux soupapes de contrôle à diaphragme^{36/}, chacune équipée d'un piston et d'un disque à orifice D4. Le liquide coulait ensuite par deux tubes de cuivre de 0,32 cm de diamètre intérieur jusqu'aux orifices de sortie des rallonges de tubes. Le point d'insertion dans la rallonge se trouvait à 20 cm au-dessous du collecteur où la température était estimée à 550°C. Les systèmes adaptés sur le refroidissement sont d'usage

^{34/} Sorenson Aircraft Co., Box 264, Worthington, Minnesota, U.S.A.

^{35/} Simplex Manufacturing Co., 5224 N.E. 42nd Ave., Portland, Oregon 97218 U.S.A.

^{36/} Spraying Systems Co., 3201 Randolph Street, Bellwood, Illinois, 60104 U.S.A.

courant en Zambie dans l'organisation para-publique 'Rural Air Services' qui dispose de 3 Beechcraft 'Baron' bi-moteurs équipés du réservoir extérieur Sorensen de 360 l de capacité.

Atomiseurs rotatifs (mus par l'air)

37/

Micronair a fabriqué de nombreux atomiseurs rotatifs au cours des dernières années et ces atomiseurs ont été utilisés sur des appareils très variés dans de nombreuses opérations contre les ennemis des cultures et de l'homme à travers le monde. Les unités sont mues par un ventilateur à 6 pales, dont l'angle des pales et par suite la vitesse de rotation, sont réglables entre les vols. Le matériel Micronair est utilisé principalement pour l'application VUF de brouillards dans la lutte phytosanitaire et peut être modifié pour produire des aérosols dans une gamme de 10 à 40 microns de diamètre éendus par un petit avion monomoteur (69), à condition que la solution insecticide soit suffisamment volatile (page 10). Le dernier modèle manufacturé dans cette série est l'atomiseur rotatif Micronair AU 3000. Il a récemment subi des essais au Botswana, monté sur des bi-moteurs pour la lutte anti-tsé-tsé. Il possède une cage de diamètre plus faible (12,7 cm) que les modèles précédents et, monté sur un Piper Aztec pulvérisant à la vitesse de 260 km/h, il produisait des gouttelettes d'environ 25 à 30 μ de diamètre moyen, en utilisant des solutions d'insecticide contenant du gas-oil et du Shellsoil AB (71).

Buses de pulvérisation hydrauliques

En Tanzanie, un avion Beagle Husky D5/180 monomoteur équipé de quatre buses a été utilisé contre la tsé-tsé. Les buses sont fixées sur les deux entretoises du train et les deux extrémités des ailes, et sont équipées d'orifices

37/ Micronair (Aerial) Limited, Bembridge Fort, Sandown, Isle of Wight, UK

D 2/25 et de pistons. Le débit total est d'environ 2,7 l/mn, la taille enregistrée des gouttelettes de 40 à 80 μ et la largeur de l'andain est de 90 mètres à la vitesse de 175 km/h. Une formulation d'endosulfan à 20% dans une solution huileuse est utilisée en dosage nominal de 12 l/km². En général, ces opérations de pulvérisation aérienne se sont montrées satisfaisantes mais la très faible charge utile de l'aéronef rend difficile le traitement de vastes régions. Cinq épandages à trois semaines d'intervalle sont réalisés. L'appareil n'est pas équipé d'un système de navigation automatique et le marquage au sol est donc vital. Un marquage insatisfaisant a conduit à des erreurs en plusieurs circonstances et laisse penser que des systèmes de guidage de navigation automatique permettraient de pallier ces erreurs (page 39).

Au cours des dernières années, d'autres types de systèmes atomiseurs ont été examinés (84), mais jusqu'à présent le principe de l'atomiseur rotatif semble convenir le mieux à l'épandage des insecticides non-rémanents.

MATERIEL POUR LES TRAITEMENTS INSECTICIDES REMANENTS

Appareil Bi-Flon

L'appareil Bi-Flon a été conçu spécifiquement pour l'application des pesticides sous forme d'émulsions inversées. Les émulsions inversées sont produites lorsque des huiles inversées sont mélangées à l'eau, la phase huileuse devenant continue et la phase aqueuse dispersée. Plus la proportion d'eau est élevée, plus la viscosité de l'émulsion est élevée. L'utilisation des inversions fut conçue pour éviter la dérive des pulvérisations mais le matériel et la méthode se sont révélés trop compliqués, et la pratique en a été abandonnée. Toutefois, il vaut la peine de mentionner quelques expériences menées pour lutter contre

G. pallidipes et G. brevipalpis dans la vallée de Lambwe au Kenya, car elles peuvent fort bien conditionner de futurs programmes de pulvérisation utilisant des formulations d'insecticides rémanents. Des essais avec un hélicoptère Bell 47G se montrèrent très efficaces pour réduire de façon appréciable le nombre de mouches mais la technique était trop coûteuse et les recherches ne furent pas poursuivies (72). Les essais furent continués avec un avion et les efforts pour abaisser les coûts en réduisant la quantité d'insecticide et la durée d'épandage furent couronnés de succès. Des études furent faites pour évaluer l'effet de la pulvérisation à intervalles de 54 m et montrèrent qu'au moins 60% de la surface devait être traitée pour lutter efficacement contre la mouche (4).

Rampe et buses

La pulvérisation rémanente a été entreprise en Afrique de l'Ouest où les hélicoptères ont été utilisés pour produire des dépôts par air dans la savane soudanienne au Niger en 1969. Une zone de forêt riveraine, surtout infestée par G. tachinoides, fut pulvérisée deux fois avec des mélanges de DDT, dieldrine et HCH en émulsion concentrée, par un hélicoptère Bell 47G-4A équipé de rampe à buses. En 1971, un essai couvrant 240 km² dans la ZSNG du Nigeria fut mené avec ce même hélicoptère équipé de deux réservoirs de pulvérisation, de 100 l de capacité chacun, fixés à droite et à gauche du moteur. Une pompe rotative entraînée par le moteur par courroie fut employée avec des buses 32 D3/25 à intervalles de 50 cm. Des épandages à la vitesse de 32 à 40 km/h furent faits jusqu'à 1 à 2 mètres de la cime des arbres, donnant un andain utile d'environ 20 m. Dans des zones plus étendues et accidentées à Isoberlinia, les andains étaient distants de 200 m. Environ 10% seulement de

la surface était traitée suivant la technique de pulvérisation au sol discriminative mise au point précédemment pour la pulvérisation au sol (74). Les dosages furent réduits et les techniques améliorées, en diminuant le nombre de buses sur la rampe, et donc le débit de liquide. En 1972, 12 de ces buses furent utilisées pour épandre une formulation VUF d'endosulfan dans une huile végétale. Cette technique VUF permit des épandages par hélicoptère plus efficaces en termes d'insecticide utilisé et de coût total de l'opération.

Atomiseurs rotatifs (électriques)

Au cours de la période 1972-1973, les techniques de pulvérisation furent encore raffinées grâce à l'emploi d'atomiseurs ULVA modifiés et en adaptant 8 de ces unités à un hélicoptère Bell 47G, six sur la rampe, et deux de part et d'autre du moteur. Chaque atomiseur était entraîné par un moteur de 24 volts à la vitesse de 9 000 tours/mn. Le liquide passait de la rampe dans les atomiseurs par un réducteur permettant un débit constant. Le système permettait de régler les atomiseurs séparément ou conjointement en vol et les techniques de pulvérisation étaient les mêmes que dans les essais précédents. L'hélicoptère volait à 25-32 km/h au-dessus d'une végétation riveraine dense et à 40-47 km/h au-dessus de zones plus ouvertes à Isobertinia où les andains étaient distants de 200 m.

En 1973, en Côte d'Ivoire des recherches furent menées pour étudier la pénétration des gouttelettes pulvérisées dans un habitat de forêt lorsqu'elles provenaient d'atomiseurs rotatifs électriques montés sur un hélicoptère (60). Un Bell 47G-4A de 280 CV fut utilisé pour les essais et portait deux réservoirs, de 100 l chacun, montés à droite et à gauche du moteur. La pompe rotative, reliée au moteur par courroie, fournissait le pulvérisateur en liquide. Le système consistait en 8 atomiseurs ULVA prototypes, mus électriquement, qui pouvaient être contrôlés individuellement. Ils étaient attachés à 0,50 m de

distance sur une rampe centrale et deux rampes extérieures donnant une envergure combinée de 10,5 m. Les moteurs des atomiseurs (24V/60W) donnaient une vitesse normale de 9 000 tours/mn à vide. La taille des gouttelettes pulvérisées dépendait du débit et pouvait être modifiée en changeant la taille et le nombre des buses d'alimentation en liquide.

Des expériences ont également été conduites pour étudier l'efficacité de plusieurs insecticides V.U.F. épandus par hélicoptère pour lutter contre G. palpalis gambiensis et G. tachinoides dans la région du Programme de lutte de l'OMS contre l'onchocercose dans le bassin des Volta (24). L'hélicoptère utilisé était un Bell 47G-4A, de 305 CV avec une vitesse variant de 32 à 80 km/h et deux atomiseurs rotatifs fixés à 6-8 m l'un de l'autre pour épandre des formulations d'insecticides V.U.F. Deux types furent utilisés: un type produisant des gouttelettes de 20 à 30 μ de diamètre épandus à raison de 0,6 l/mn; l'autre type, garni d'ouvertures plus importantes produisait des gouttelettes de 80 à 100 μ de diamètre à 1,2 l/mn. L'hélicoptère volait constamment à 2 m environ au-dessus des cimes mais il lui était nécessaire de faire des détours pour suivre les méandres des cours d'eau. Le puissant courant d'air pulsé vers le bas et l'arrière par le rotor poussait l'insecticide et facilitait la pénétration dans la végétation au niveau du sol. Afin d'éviter les pertes dues à la convection près de la surface du sol, les épandages V.U.F. ne furent réalisés que jusqu'à 2 heures après le lever du soleil.

TYPES D'AEROSOLS CONVENANT AUX OPERATIONS ANTI-TSE-TSE

De petits avions monomoteur sont peutilés dans les opérations de lutte contre la tsé-tsé, sauf peut-être pour les expériences où de petites surfaces doivent être traitées. Dans la plupart des cas, des appareils de moins de

2500 kg de charge maximum au décollage n'auraient pas le rayon d'action ou la capacité de charge nécessaire pour de tels programmes. Il est probable qu'il n'existe aucun appareil convenant aux grands programmes de lutte contre la tsé-tsé, spécialement si divers habitats doivent être traités. Les avions moyens ou même gros porteurs, à plusieurs moteurs, sont adéquats pour pulvériser des régions étendues et plates tandis que les avions légers mono- ou bi-moteurs conviennent mieux aux petites zones montagneuses, que l'on trouve souvent en Afrique de l'Ouest. Ces dernières, difficiles d'accès, et surtout les habitats riverains sont traités plus efficacement par hélicoptère.

En général, il est nécessaire que les avions plus légers utilisés dans la lutte contre la tsé-tsé aient un bon rayon d'action et une charge utile suffisante, qu'ils soient maniables à faible vitesse et à envol et décollage court (STOL). De plus, ils doivent permettre au pilote une bonne visibilité plongeante et vers l'avant, et être résistants à la corrosion des produits chimiques insecticides. Les opérations de lutte contre la tsé-tsé sont souvent conduites dans des régions boisées éloignées, avec des possibilités limitées d'atterrissage de fortune en cas de panne. Pour cette raison, on devrait donner la préférence aux avions à plusieurs moteurs quand c'est possible. Les bi-moteurs devraient avoir des performances satisfaisantes avec un seul moteur à pleine charge jusqu'à 2 500 m d'altitude.

Pour les hélicoptères, les considérations importantes portent sur la visibilité plongeante et antérieure du pilote et sur la maniabilité de l'appareil. L'hélicoptère peut avoir à atterrir sur des zones non préparées et une protection du rotor de queue ainsi que des patins hauts sont utiles. Tous les types d'hélicoptères peuvent être utilisés dans les opérations de lutte anti-tsé-tsé bien que les appareils à charge au décollage supérieure à 1500 kg soient probablement prohibitifs à l'usage.

Malgré l'augmentation des prix qui a récemment touché tous les aspects de la lutte contre les pestes à travers le monde, les coûts de la pulvérisation aérienne pour la lutte anti-tsé-tsé ont effectivement décru depuis la mise au point initiale des techniques. Ceci peut être attribué à de nombreuses raisons mais en premier lieu, à la conception du matériel de pulvérisation, à de meilleurs insecticides et à des techniques d'épandage éprouvées, facteurs qui ont chacun joué un rôle important dans la réduction des coûts. Les améliorations du matériel de dispersion se sont traduites par une atomisation plus efficace du liquide à pulvériser qui a facilité, par voie de conséquence, la mise au point des techniques d'épandage. L'utilisation des avions et des hélicoptères a augmenté pour obtenir des andains plus larges et des vitesses de pulvérisation plus élevées. Les coûts ont également diminué après la découverte et la formulation de nouveaux insecticides en concentrés contenant un pourcentage plus élevé d'agent actif dans les huiles aromatiques que lorsque les essais sur le terrain démarrèrent.

Pendant les périodes de pointe, l'utilisation efficace des appareils peut être accrue en employant des pilotes supplémentaires et en travaillant sept jours par semaine, ou en adaptant des phares puissants dans le nez et sur les ailes de l'avion pour le vol de nuit. Les données caractéristiques des performances ont été calculées pour divers types d'appareils utilisés dans les programmes de lutte anti-tsé-tsé (83).

NAVIGATION ASSISTEE

En Afrique de l'Ouest, les marqueurs au sol ne sont pas nécessaires pour les hélicoptères traitant la tsé-tsé dans des zones telles que des lignes de drainage bien visibles et des poches de végétation entre deux zones. Toutefois, les méthodes traditionnelles de marquage d'andain pour la pulvérisation aérienne dans les opérations de lutte contre la tsé-tsé

au-dessus des régions boisées étendues ont été d'usage pendant quelques temps, par exemple, les fumées, les drapeaux, les ballons, les bandes de marquage, les fusées éclairantes et les signaux lumineux. La mise au point de techniques de lutte contre la tsé-tsé utilisant des appareils plus rapides, aptes à des circuits de pulvérisation plus longs et à des andains plus larges, capables de voler de nuit, à rendu souhaitable la mise au point de la navigation assistée perfectionnée. Plusieurs systèmes de bord de guidage sont examinés:

- Un système est basé sur un appareil de bord mesurant la différence de phase entre les émissions radio de deux ou plusieurs stations au sol (106). Le matériel est essentiellement un système de navigation assistée Decca spécialisé et il a pour inconvénient de rendre nécessaire des stations de transmission au sol à des endroits parfaitement localisés. Bien que des stations au sol facilement déplaçables soient maintenant disponibles, il peut être difficile de les situer correctement dans des régions éloignées.

- Un autre système consiste en une unité sensible qui mesure les changements d'inertie induits par les changements d'altitude ou les accélérations de l'appareil en vol. Le système de navigation à inertie (INS) se trouve entièrement à bord et ne nécessite aucune station au sol (7). Le défaut principal de l'INS dans les opérations de lutte contre les vecteurs à partir d'appareils légers réside dans le coût et le poids du matériel, et dans le fait que le système est difficile à régler pour le vol en aller-et-retour.

- Les appareils moyens et les gros appareils peuvent être équipés d'un matériel de navigation électrique très précis, par exemple le Doppler, le VLF (Very Low Frequency - très basse fréquence) mais les marqueurs au

soi sont nécessaires pour l'alignement à l'approche et à la sortie des blocs importants, surtout là où les longueurs de pulvérisation sont de plusieurs kilomètres. De plus, on peut équiper ces appareils avec des instruments qui permettent le vol de nuit à proximité de la cime des arbres. Comme les conditions météorologiques nocturnes sont souvent favorables aux épandages d'insecticides par avion, les opérations de lutte anti-tsé-tsé de nuit ont été étudiées (61, 71).

2EME PARTIE. FUTURS BESOINS EN INSECTICIDESINSECTICIDES

Afin de retenir une sélection pour l'évaluation sur le terrain, les laboratoires devraient continuer à tester l'activité insecticide des composés proposés pour la lutte contre les tsé-tsé par les compagnies commerciales, les instituts de recherche et d'autres sources. Cette sélection devrait prendre en considération non seulement la toxicité pour les mouches tsé-tsé mais aussi l'existence d'une formulation convenable, la disponibilité et le coût, la toxicologie et les effets possibles sur les organismes non-visés. Certains de ces facteurs sont indiqués (appendice I) pour les nouveaux composés déjà considérés comme des produits chimiques de remplacement, au vu de leur toxicité pour les mouches. Les disponibilités mentionnées sont de l'ordre de 1 g à 100 g pour les tests de laboratoire, de 1 kg à 100 kg pour les essais sur le terrain, et signifient des quantités commerciales normales pour les produits déjà disponibles. Ces disponibilités se rapportent à la situation connue actuellement.

On devrait accorder une priorité importante à l'évaluation sur le terrain des pyréthroïdes synthétiques NRDC 143 et NRDC 161, qui sont remarquables par leur toxicité pour les mouches tsé-tsé et leur persistance dans les résidus de pulvérisation et qui pourraient être utilisés en pulvérisation aérienne et au sol. Le NRDC 161 est l'insecticide le plus puissant connu contre de nombreux insectes mais il montre aussi une toxicité élevée pour les mammifères et un lieu d'action différent des autres pyréthroïdes. Il est donc important d'obtenir des informations complémentaires dès que possible sur les dangers pour les autres animaux bien qu'il faille aussi noter que l'action insecticide

très puissante se traduit également par une utilisation à concentration et dosage inférieurs.

Les composés organo-phosphorés et les carbamates énumérés ont une toxicité bonne à modérée pour les mouches, comme l'indique l'application topique, et ils peuvent se diviser entre ceux qui ont vraisemblablement une persistance brève (par exemple le fenthion, le naled, le bromophos, le proxopur) et ceux qui pourraient avoir une action rémanente plus longue (par exemple l'azaméthiphos, le tétrachlorvinphos, le jodfenphos, le bendiocarb). Le bromophos, du premier groupe, et le tétrachlorvinphos, du second, ont déjà été essayés sur le terrain et ne se sont pas montrés très prometteurs.

La susceptibilité de différentes espèces et souches de tsé-tsé à l'endosulfan, au dieldrine et aux représentants d'autres classes de produits chimiques qui pourraient servir aux opérations sur le terrain, devrait être mesurée dans différentes régions africaines. Ceci fournirait un guide pour varier le dosage nécessaire ainsi que les données fondamentales pour un programme systématique de surveillance de la résistance. Une méthode standard simple devrait être adoptée; la plus adaptée est probablement la méthode de l'OMS pour l'application topique (111), mais les performances sur le terrain devraient également être étudiées par les méthodes utilisant le contact des tarse avec les dépôts désagrégés sur des surfaces pulvérisées (par exemple de l'écorce) si on doit examiner la persistance.

EPANDAGES A FORT VOLUME SUR LA VEGETATION

On n'emploie pas habituellement de solutions car le solvant est plus coûteux que l'eau mais on les utilise dans les premiers essais d'Afrique de l'Est avec le DDT (95) ou plus récemment au Nigéria avec le dieldrine (73). Les solvants meilleur marché tels que le pétrole lampant que l'on peut

utiliser à fort volumes s'évaporent rapidement des dépôts et n'influencent la persistance ou l'activité des insecticides par leur présence. Ils peuvent modifier la distribution initiale de l'insecticide en le faisant pénétrer dans l'écorce ou les feuilles avant de s'évaporer.

Les émulsions ou les suspensions sont des systèmes beaucoup plus communs de dispersion des insecticides et le DDT et le dieldrine sont toujours utilisés sous ces formes dans les programmes de lutte importantes, par exemple au Nigéria, en Ouganda, en Tanzanie, au Kenya et en Zambie. Les suspensions sont préparées avec des poudres dispersables dans l'eau, contenant des particules d'insecticide et de diluant inerte et des produits tensio-actifs qui donnent des dépôts secs puisque l'eau s'évapore très rapidement. L'efficacité biologique dépend de la distribution par taille des particules d'ingrédient actif, de son état physique et de la surface traitée (44). Les particules plus petites sont prélevées plus facilement par les insectes au repos tandis que les propriétés adhésives des résidus tensio-actifs réduisent le prélèvement sur les surfaces moins poreuses. Les poudres qui satisfont aux spécifications de l'OMS ont à peu près la distribution optimale par taille.

Puisque l'insecticide est en solution dans des émulsions concentrées, ou dans des émulsions préparées à partir de ces dernières, les formes physiques du dépôt après évaporation du solvant et de l'eau seront commandés par les propriétés de cristallisation de l'insecticide et, encore, par la surface pulvérisée puisque cette cristallisation se produit plus facilement sur certaines surfaces que sur d'autres (5).

La persistance des dépôts provenant de l'utilisation de poudres ou d'émulsions dépend des propriétés physiques de l'agent actif (par exemple le dieldrine est plus volatil que le DDT), des variables climatiques et de la

surface pulvérisée. Ainsi les dépôts de poudres mouillables sont plus efficaces dans les zones chaudes et sèches que les dépôts d'émulsion mais l'inverse est vrai pour les zones plus fraîches et à pluviométrie élevée (63, 76). Les résidus de poudre sont plus facilement lessivés par la pluie que ceux des émulsions. La toxicité du composé pour les mouches est un autre facteur important. Par exemple le dieldrine est plus puissant que le DDT et les dépôts peuvent être réduits en nombre tout en gardant leur efficacité.

Tous les candidats au remplacement des insecticides actuels pour la lutte anti-tsé-tsé sont disponibles, ou pourraient l'être, sous forme de poudres dispersables dans l'eau ou de concentrés d'émulsions. Quelques-uns, tels que le piriméthaphos, l'azaméthipos, le tétrachlorvinphos et le bendiocarb, ont une solubilité faible dans les solvants usuels utilisés pour préparer des concentrés d'émulsion mais cela pourrait être amélioré grâce aux co-solvants connus. Réciproquement, leur solubilité faible signifie qu'ils font de bonnes poudres dispersables dans l'eau.

EPANDAGE AERIEN A VOLUME ULTRA FAIBLE

Ceci demande en général que la formulation soit une solution de grande concentration, disons de 10% et plus, car il est important qu'une dose létale soit présente dans une gouttelette ou dans quelques unes. Bien que ce critère soit applicable à tous les insecticides, il est possible qu'avec des composés exceptionnellement toxiques comme le NRDC 161 la concentration puisse être réduite jusqu'à quelque chose de l'ordre de 1%. Pour ces solutions, l'élément vital est le solvant ou, plus fréquemment, les solvants. Leurs propriétés déterminent l'atomisation initiale, la réduction à la taille de gouttelette pendant le passage vers la cible et l'efficacité avec laquelle l'insecticide passe dans l'insecte soit à partir de gouttelettes sur la

cuticule soit à partir de gouttelettes sur les surfaces où l'insecte se repose. Les solvants peuvent aussi influencer sur la persistance des insecticides dans les dépôts de pulvérisation quand leur volatilité propre est faible.

Une discussion sur toutes ces interactions entre l'insecticide, le solvant, l'insecte et la surface serait trop longue pour ce rapport. On peut toutefois noter brièvement que le système solvant le meilleur consiste probablement en composants non-volatils tels que l'huile végétale, l'ester à plastifier ou l'extrait de pétrole du type Dutrex, combinés avec un solvant volatil qui peut se perdre pendant l'épandage mais donne l'assurance que les propriétés physiques du mélange sont adéquates pour le procédé d'atomisation. Le solvant non-volatil est un porteur moins efficace de l'insecticide à travers la cuticule si une gouttelette tombe sur l'insecte lui-même mais il peut multiplier par plus de deux la vie de l'ingrédient actif dans un résidu en réduisant sa volatilité.

On peut s'attendre à quelques difficultés en préparant de fortes concentrations de quelques-uns des nouveaux composés à cause de leur faible solubilité dans de nombreux solvants communs. Les composés organo-chlorés forment un groupe raisonnablement soluble dans les solvants dérivés du pétrole ou dans les solvants aromatiques provenant d'autres sources. Certains esters organo-phosphorés ont également une grande solubilité (bromophos et jodfenphos) ou bien sont miscibles (chlorfenvinphos et fenthion), mais d'autres, spécialement les phosphates, sont très peu solubles dans les solvants habituels. Les pyréthroides sont en général facilement dissous mais la difficulté de solubilité apparaît de nouveau avec les gouttelettes. Ceux-ci ainsi que les phosphates ne peuvent être dissous que dans des solvants miscibles à l'eau, à ponts hydrogène tel que la diméthylformamide, le N-méthyl-2-pyrrolidone ou l'hexaméthylphosphoramide. Chacun a été utilisé comme solvant ou co-solvant dans des solutions VUF commerciales. Malheureusement ceux-ci sont également de bons

solvants pour de nombreux polymères utilisés dans les tubes souples et les rondelles des appareils de pulvérisation et leur miscibilité à l'eau signifie que les insecticides peuvent se dissoudre si l'eau est utilisée pour nettoyer le matériel. Ils sont aussi relativement volatils et sont vraisemblablement perdus pendant ou immédiatement après l'épandage; ils peuvent avoir des propriétés indésirables puisqu'ils peuvent faciliter l'absorption par la peau de produits chimiques toxiques. On comprendra que la formulation de nombreux insecticides nouveaux requiert une attention spéciale aux propriétés des solvants, plus qu'il n'était nécessaire avec les composés utilisés auparavant.

On a essayé d'autres types de formulations et d'autres encore sont envisageables à l'avenir. Les insecticides relativement insolubles sont facilement écrasés pour donner de fines suspensions dans l'eau (les types 'COL') ou dans les huiles volatiles telles que, par exemple, l'huile de broche utilisée dans les premiers temps pour le DDT, ou les mélanges d'huile et de carbaryl. On peut les pulvériser tels qu'ils sont fournis ou dilués à la concentration convenable avec de l'eau et de l'huile, respectivement. Les émulsions inverses ont été essayées au Kenya (72) mais il faut un matériel spécial pour produire ces dernières. Les insecticides en micro-capsules pourraient trouver leur place dans la lutte contre la tsé-tsé bien qu'il y ait beaucoup de chances qu'ils soient plus chers que sous la plupart des autres formulations. Ils seraient extrêmement utiles pour prolonger la durée d'action de ceux des insecticides prometteurs à d'autres égards mais qui manquent de persistance et qui doivent donc être conçus avec un taux de dispersion ou de désintégration particulier.

MATERIEL AU SOL

Les fabricants de matériel de pulvérisation dépendent dans une large mesure des besoins du marché agricole bien qu'il ait été possible d'utiliser dans certaines régions du matériel de fabrication locale, lorsqu'il était conforme aux standards usuels et suffisamment économique. Il est probable que la production de matériel mis au point pour la lutte anti-glossinaire ne sera rentable que si ce matériel peut trouver d'autres débouchés convenables dans l'agriculture. Certains fabricants seraient prêts à apporter des modifications au matériel existant pour l'adapter à la lutte contre les tsé-tsé s'ils étaient sûrs d'en recueillir un bénéfice commercial.

Les perfectionnements du matériel au sol pourraient toucher les points suivants:

MATERIEL A ENERGIE HYDRAULIQUE

Lances à pulvérisation

Les soupapes de fermeture devraient être plus simples et plus fiables, probablement en utilisant davantage les plastiques pour résoudre les problèmes de corrosion. Les rallonges de lances, nécessaires pour le cas où la portée doit être augmentée, devraient se fixer rapidement et facilement, par une attache à baïonnette lorsque c'est possible.

Canons à pulvériser

Comme les mouches tsé-tsé se trouvent dans des systèmes végétaux nombreux et variés, le matériel doit être à même de traiter une large gamme de gîtes de repos. La maîtrise de la pression du liquide et de la forme du diagramme de pulvérisation est essentielle et bien que certaines recherches aient été faites sur les canons donnant un jet plus ou moins large, il faut les poursuivre plus avant et mettre au point un mécanisme de réglage actionné par la main qui tient la lance.

Pulvérisateurs à pression maintenue

Le remplacement du matériel utilisé par le passé et qui n'est plus disponible rend urgente la fabrication de pulvérisateurs à pression maintenue (33). De bons pulvérisateurs à compression devraient avoir les spécifications suivantes:

- réservoirs en acier inoxydable ou en plastique d'épaisseur convenable et d'une capacité de 15 à 20 litres;
- pression de fonctionnement de 3 à 6 kg/cm² ou même plus;
- un manomètre au sommet du réservoir et un régulateur à soupape;
- possibilité de remplissage d'air et d'insecticides grâce à la pompe de l'appareil, détachable, ou à une pompe de rechange;
- clapet de fermeture sur le tuyau de sortie des insecticides.

Pulvérisateurs manuels à compression

Les pulvérisateurs manuels à compression qui répondent aux spécifications de l'OMS (30) devraient être testés pour voir s'ils conviennent à la lutte contre les tsé-tsé.

Pulvérisateurs à levier

On ne prévoit pas d'utilisation de ces appareils.

APPAREILS MOTORISES

Tout appareil à moteur posera sur le terrain des problèmes d'entretien, de service et de réparation. Néanmoins, certains besoins se sont fait sentir quant à ce type d'appareils.

Nébulisateurs à dos motorisés

Ce type d'appareil est très utile dans les régions où les insecticides doivent être épandus sur une végétation dense ou difficile d'accès pour l'équipe de pulvérisation. Il en existe une grande variété actuellement disponibles et il faut les examiner pour voir ceux qui répondent aux conditions spécifiques rencontrées (pages 23 - 24).

Appareils montés sur véhicules

Aucun usage de ces appareils n'est prévu à l'exception des appareils à brouillard et des appareils à volume ultra faible tractés par des véhicules ou montés sur ceux-ci. Cet usage sera cependant limité aux régions accessibles aux véhicules et bénéficiant de conditions météorologiques favorables.

Appareils à brouillard

Ces appareils n'ont pas beaucoup servi dans les opérations de lutte anti-tsé-tsé. Leur utilisation se trouve de toutes façons limitée par les conditions météorologiques. Néanmoins on peut rencontrer des situations où il faut employer un insecticide non-persistant et où un petit générateur de brouillard portatif est alors l'appareil le plus pratique à l'usage, par exemple lorsque la tsé-tsé habite des fourrés épars en bordure de zones cultivées. Le grand avantage de ce type sur le matériel V.U.F. est que l'on voit l'insecticide à l'émission.

Diffuseurs manuels d'aérosols

Il faudra toujours de tels diffuseurs aux piquets de contrôle pour éliminer les glossines transportées par les véhicules. Il existe de nombreux modèles manuels pneumatiques ou hydrauliques, de toutes tailles et de toutes qualités, mais les modèles suffisamment grands et robustes pour un usage quotidien et prolongé sont en petit nombre.

MATERIEL AERIEN

BESOINS EN MATERIEL DE PULVERISATION AERIENNE

Depuis fort longtemps on a ressenti la nécessité de produire des gouttelettes d'aérosol (de 20 à 50 μ de diamètre moyen) pour les épandages répétés non-rémanents d'insecticides dans la lutte contre les tsé-tsé, mais les fabricants d'appareils de pulvérisation ont été peu encouragés à investir dans la recherche de nombreux modèles. Ceci est fort compréhensible car l'entreprise pourrait se solder par des bénéfices très minces puisque la demande ne portera en principe que sur peu d'exemplaires. Toutefois, l'attention a récemment été attirée sur les besoins en appareils capables de produire des pulvérisations très fines ou même à V.U.F. pour la protection des cultures et par suite le nombre de prototypes d'atomiseurs rotatifs de performances diverses à l'étude n'a cessé de croître. La plupart des prototypes à l'étude sont électriques. Certains ont déjà été utilisés et évalués pour la lutte contre les tsé-tsé. Toutefois, l'appareil robuste et sûr, produisant de petites gouttelettes d'aérosol, montable sur un hélicoptère ou sur un avion, reste encore à construire et il est recommandé de poursuivre les travaux dans cette voie. En ce qui concerne les petits avions, l'unité utilisant le système de refroidissement reste la plus souhaitable pour la protection d'aérosol bien que la taille des gouttelettes varie énormément et que quelques gouttes parmi les plus grosses soient déposées au sol à proximité immédiate du lieu d'émission.

Les atomiseurs entraînés par le vent, montés sur les avions moyens un peu plus rapides, volant à 260 km/h environ, conviennent pour la production de gouttelettes d'aérosol dans la lutte contre la tsé-tsé au moyen d'insecticide non-rémanent, que la formulation utilise un solvant volatil ou partiellement

volatil. La taille des appareils utilisés récemment est nettement plus faible que celles des appareils plus anciens mais, malgré cela, la combinaison des augmentations de vitesse de rotation et de vol a produit une meilleure atomisation des gouttelettes et réduit leur taille jusqu'à 25 à 30 microns de diamètre. On n'a pas évalué les performances des atomiseurs rotatifs électriques montés sur les avions dans la lutte contre les tsé-tsé, mais c'est une question qui vaut la peine d'être approfondie, car ces modèles pourraient se montrer utiles pour la diffusion d'aérosols, à condition d'être assez robustes pour être utilisés sur le terrain; il faudrait également étudier l'utilisation des buses hydrauliques de pulvérisation sur les appareils plus rapides pour la production d'aérosols.

Il faudra toujours utiliser le matériel d'épandage rémanent là où les insecticides persistants pulvérisés par hélicoptère avec une rampe à buses se présentent sous forme de concentré émulsifiable ou de poudres dispersables. Le matériel d'épandage des insecticides à V.U.F. impose l'utilisation de systèmes mus par l'électricité, spécialement en raison de la nécessité de contrôler la taille des gouttelettes à l'émission et de la localisation de l'insecticide sur des cibles spécifiques, par exemple en bordure de végétation riveraine, ou sur des écotones.

Il faut également poursuivre la mise au point de la technologie d'épandage pour les insecticides rémanents par avion. Ceci pourrait servir si l'on découvrait un insecticide rémanent qui respecte l'environnement de façon satisfaisante. Dans cette éventualité il faudrait revoir la stratégie des techniques de lutte actuelles bien que ceci ne signifie pas nécessairement la mise au point d'appareils nouveaux. La rampe à buses et l'atomiseur rotatif conventionnels conviendraient mais les techniques opérationnelles d'épandage

devraient alors être étudiées pour obtenir l'efficacité maximum.

Pour améliorer la fiabilité, il faudrait mettre au point la précision et la facilité opérationnelle des systèmes de guidage sur la ligne de vol pour les programmes importants de lutte aérienne contre la tsé-tsé.

3EME PARTIE. RECHERCHE SUR L'AMELIORATION DE LA TECHNOLOGIE DE LA LUTTE
CONTRE LA TSE-TSE

ETAT DE LA LUTTE CONTRE LES TSE-TSE AU MOYEN D'INSECTICIDES

Pour être valable du point de vue économique, la lutte chimique contre les mouches tsé-tsé doit se montrer plus avantageuse par le coût, la rapidité d'action ou l'impact sur l'environnement que les autres méthodes de lutte telles que, par exemple, le débroussaillage, partiel ou total. Comme les épandages d'insecticides ne changent pas l'habitat par eux-mêmes, il faut que les habitats de tsé-tsé soient suffisamment isolés pour que l'éradication permanente soit réalisée. Ceci n'est évidemment pas obligatoire si l'on cherche simplement à réduire le nombre de tsé-tsé pendant une période courte, par exemple pour arrêter une épidémie de maladie du sommeil, mais l'éradication de la mouche tsé-tsé est en général nécessaire lorsque le développement agricole comporte une composante d'élevage déjà lancée et que l'établissement des populations humaines est commencé.

Deux approches de base se sont montrées capables d'éradiquer les mouches tsé-tsé. La première consiste à épandre en une seule fois (rarement en plusieurs) un dépôt relativement important, de façon discriminatoire, soit au sol soit par voie aérienne, alors que la seconde est basée sur des épandages aériens répétés de faibles doses d'insecticide non-rémanent qui tuent toutes les tsé-tsé adultes présentes au moment de l'épandage. Le choix de la méthode dépend de nombreuses conditions, y compris le climat de la région, sa topographie et la façon dont les tsé-tsé se réfugient pendant certaines saisons dans un habitat spécialisé occupant une petite partie du territoire infesté.

CONSIDERATIONS ECOLOGIQUES

Les opérations d'éradication de la tsé-tsé qui ont pour objet de faciliter l'établissement d'une économie rurale mixte et équilibrée n'aboutiront que si elles sont réalisées sur une grande échelle. Ceci implique que la limite de la zone d'opération coïncide avec les confins de la zone infestée ou bien avec un périmètre qui puisse être aisément défendu lorsque le coût de la protection est modeste par rapport à la surface récupérée sur l'infestation et aux ressources en terre ainsi libérées. Lorsque l'infestation est éliminée, les ressources en terre peuvent être mises en valeur d'après les besoins communautaires actuels et futurs sans qu'il soit nécessaire de s'assurer que la zone du projet est exempte de petites zones pouvant abriter l'infestation.

Dire que l'objectif de l'éradication est atteint signifie que les ressources en terre peuvent être exploitées de façon stricte suivant leurs diverses capacités et les besoins de la communauté tout en gardant des réserves pour les futures générations, pour un domaine forestier convenable, pour les parcours, pour la conservation des zones sujettes à l'érosion et pour la préservation de la faune sauvage. Plusieurs difficultés surviennent lorsqu'on utilise 'l'établissement' de la population comme un outil pour consolider l'assainissement des terres récupérées sur la tsé-tsé. Le degré d'exploitation des terres nécessaire pour réduire l'infestation au niveau où elle n'a plus de graves répercussions sur le bétail ne peut ni être atteint sans créer de surcharge, ni être supervisé à l'échelle voulue. De plus il ne convient souvent ni aux besoins ni aux capacités communautaires. Enfin, le problème de la trypanosomiase se maintiendra si une partie adéquate des ressources en terre reste en friche ou bien est destinée aux formes diverses et essentielles de conservation.

Ainsi la détermination des zones infestées par les tsé-tsé et les enquêtes sur les ressources en terre sont des préliminaires essentiels des projets d'éradication de la tsé-tsé. Il faut continuer les enquêtes sur l'utilisation du sol portant sur l'usage actuel et sur l'évaluation des capacités liées à l'établissement d'une économie rurale mixte et équilibrée qui réponde aux besoins d'une communauté en expansion, bénéficiant d'un niveau de vie croissant. Ces enquêtes doivent fournir la justification des opérations d'éradication de la tsé-tsé dans des zones étendues. C'est un des éléments fondamentaux de l'effort indispensable de recherche sur le terrain qui doit précéder la conception et l'exécution des activités anti-tsé-tsé d'envergure.

CONSIDERATIONS SPECIFIQUES

Il faut déterminer les limites naturelles de la population de tsé-tsé à attaquer avant de commencer les opérations de lutte. Les enquêtes doivent être menées avec soin pour déterminer les limites de la population et les capacités maximum de dispersion pendant les saisons les plus favorables de l'année. Les populations à densité faible nécessitent la mise au point de nouvelles techniques d'échantillonnage (page 58).

L'application restreinte d'insecticide rémanent suppose une connaissance préalable des groupes végétaux associés à une proportion importante de la population de tsé-tsé, spécialement pendant les saisons les moins favorables (phase 'discriminative'). Dans ces communautés végétales, il faut ensuite déterminer les gîtes de repos diurnes et nocturnes des mouches (phase 'sélective'). Les gîtes de repos peuvent se limiter à une petite partie de l'habitat global, et un usage extrêmement restreint de l'insecticide devient

possible dans ces circonstances, spécialement lorsqu'il est épandu par des équipes de pulvérisation au sol qui appliquent les principes de 'discrimination' et de 'sélection'. Les résultats obtenus dans une région ne sont pas nécessairement transposables autre part, même lorsqu'il s'agit de la même espèce et de telles études s'avèrent nécessaires chaque fois que des opérations de lutte sont entreprises.

Lorsqu'on utilise un insecticide non rémanent, épandu en couverture, la connaissance de l'écologie des espèces à attaquer n'a pas besoin d'être aussi détaillée. Il faut cependant connaître la durée de la période de pupaison au cours de la campagne de pulvérisation, de façon à déterminer le nombre optimum d'épandages et l'intervalle optimum entre les épandages; il faudra porter une attention toute particulière aux gîtes de reproduction les plus froids, où la pupaison sera prolongée au maximum. C'est la période maximum et non la période moyenne qui importe. Pour la même raison, il est également nécessaire de déterminer, au cours de la campagne de pulvérisation, la durée qui sépare l'émergence d'une mouche femelle de la production de sa première larve, et en particulier la durée la plus courte.

A la fin des opérations de lutte, il faut encore mener des enquêtes détaillées pour déterminer si l'éradication a été atteinte ou non. La détection des mouches tsé-tsé aux densités de population très faibles est difficile et inefficace et la mise au point de méthodes appropriées est peut-être un des besoins les plus pressants parmi les études à mener sur l'écologie des glossines. On a déjà mis au point des systèmes efficaces pour l'échantillonnage des populations de tsé-tsé (104); la recherche doit porter le plus tôt possible sur le moyen d'adapter ces systèmes à la détection des populations à faible densité.

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Si la terre récupérée doit être livrée à l'agriculture pour la production vivrière, il faut bien reconnaître que les activités agricoles qui s'ensuivront provoqueront elles-mêmes un changement de l'environnement plus radical que les épandages initiaux d'insecticides utilisés contre les tsé-tsé. De plus, les changements agricoles nécessiteront des quantités d'insecticides plus persistants pour la protection des cultures bien plus importantes que celles utilisées pour la santé humaine. Par conséquent, les planificateurs de ces grands programmes devraient aborder le problème des modifications du milieu sous un angle plus réaliste. Les gouvernements qui poursuivent l'objectif à long terme de l'augmentation des rendements agricoles ne devraient pas en même temps critiquer trop sévèrement l'utilisation à court terme des insecticides dans la lutte contre les vecteurs.

Dans la lutte contre les tsé-tsé, les insecticides peuvent être remplacés par l'abattage du gibier ou par la suppression de l'habitat. Les effets de ces opérations sur le milieu sont certainement plus importants que ceux des insecticides. Bien que la lutte génétique contre les glossines soit une possibilité certaine, il faudra encore y consacrer énormément de travail avant d'en déterminer la valeur opérationnelle. Malgré des publications récentes sur les possibilités de lutte biologique contre les glossines, on considère généralement que la réalisation en sera lointaine.

Pour lutter contre les tsé-tsé, on traite certaines zones de savane boisée, de forêts riveraines, et de forêts denses, ainsi que les écotones entre ces systèmes. La première étape consiste à classer les systèmes écologiques à traiter les plus importants ou à en dresser une carte, puis à établir, d'après

la bibliographie, la liste et la structure des grands groupes animaux dans chacun de ces systèmes. A partir de cette base on pourra établir une série d'organismes indicateurs afin d'évaluer et de contrôler par des enquêtes ponctuelles leur existence et leur abondance relative dans chacun des systèmes écologiques principaux. Lorsqu'on a décidé des opérations de pulvérisation et que l'on a déterminé la toxicité de l'insecticide ou des insecticides pour les groupes animaux, c'est-à-dire pour les mammifères, les oiseaux, les poissons, etc, on peut établir le protocole d'échantillonnage pour les niveaux de population des espèces indicatives. Il existe de nombreux protocoles qui conviennent à la détermination des niveaux de population des vertébrés, suivant la disponibilité en personnel et la précision désirée. D'autres groupes importants à échantillonner sont les insectes sylvicoles non visés ainsi que les organismes du sol tels que Annalida et les arthropodes.

Il faut également déterminer, en les mesurant sur le terrain, la distribution et la quantité d'insecticides épandus par voie aérienne sur les échantillons d'habitats. Ces mesures doivent d'abord être faites dans une zone boisée à hauteur de frondaison, au niveau moyen des arbres, sur la végétation au sol, puis finalement sur le sol. Là encore on peut déterminer les détails pour chacun des types d'habitat.

ORIENTATIONS FUTURES DE LA RECHERCHE

Les progrès réalisés récemment dans l'utilisation de l'avion, de l'hélicoptère et du matériel de pulvérisation au sol pour l'épandage des insecticides devraient être exploités dans une gamme de situations plus étendue. Les nouvelles formulations d'insecticides doivent être évaluées sur le terrain. Ainsi les essais sur le terrain destinés à évaluer des techniques et des

produits nouveaux devraient-ils s'appliquer aux situations où les traitements ont été difficiles ou impossibles par le passé telles que les zones riveraines, de forêt et de savane humide. Dans quelques situations où la lutte a été efficace, il est souhaitable de trouver des méthodes de remplacement, par exemple lorsqu'on doit tenir compte de l'économie et du respect de l'environnement.

EVALUATION EN LABORATOIRE DE NOUVEAUX INSECTICIDES ET DE NOUVELLES FORMULATIONS

Le COPR a lancé un programme pour tester et évaluer en laboratoire, en collaboration avec l'OMS, les insecticides proposés quant à leur toxicité pour les mouches tsé-tsé. On y détermine la toxicité comparée des composés fournis par l'industrie, les instituts de recherche, les universités et d'autres sources grâce à une méthode standard d'application topique de solutions à des G. austeni ténérales, issues de pupes*. Les résultats publiés de temps en temps (43) indiquent les insecticides les plus prometteurs pour la pulvérisation dans l'air. On mesure également d'autres propriétés telles que la volatilité, la solubilité et la stabilité afin de vérifier que l'activité rémanente de ces composés est satisfaisante.

Un autre programme de recherche est actuellement en cours sur les formulations d'insecticides pour l'activité rémanente sur la végétation. Une tour de pulvérisation a été construite pour la simulation des conditions de pulvérisation à V.U.F., c'est-à-dire pour l'épandage de solution concentrées à 10% ou plus d'ingrédient actif, à faibles volumes, et en contrôlant la taille

*Fournies par le Ministry of Overseas Development (Ministère de la Coopération Britannique) et l'Université de Bristol. Laboratoire de Recherche sur la tsé-tsé, Département de Médecine Vétérinaire, Langford House, Langford, Bristol, ES 18 7 DV, Royaume Uni.

des gouttelettes. Les observations sont effectuées sur l'aspect physique des dépôts foliaires et sur la persistance de l'ingrédient actif sur les feuilles. La persistance et la disponibilité de l'ingrédient actif sont mesurées grâce aux tests biologiques et à la méthode de chromatographie en phase liquide et gazeuse.

ESSAIS SUR LE TERRAIN DE NOUVEAUX INSECTICIDES ET DE NOUVELLES TECHNIQUES

Epandage au sol d'insecticides rémanents

Les insecticides persistants de type hydrocarbonés chlorés tels que le DDT, le dieldrine et le BCH sont couramment utilisés dans la lutte contre la mouche tsé-tsé. Les insecticides sont épandus de façon sélective sur les gîtes de repos des mouches connus, par exemple sur les troncs d'arbres et le dessous de certaines branches ou sur les feuilles de la frondaison, et ils sont efficaces lorsqu'ils sont répandus sur la végétation riveraine ou de savane grâce à des appareils de pulvérisation au sol. Il faudra évaluer par cette méthode les insecticides qui causent le moins de dégâts au milieu et sont moins toxiques pour le bétail et les humains. Le dieldrine devrait être utilisé comme insecticide de référence pour ces insecticides. Le détail du protocole de ces expériences est indiqué à l'Appendice II.

Epandage au sol d'insecticides non-rémanents

Le matériel à main a été utilisé pour diffuser des aérosols contre les tsé-tsé dans différentes régions d'Afrique, mais la méthode n'a pas été mise au point. Le matériel d'épandage du DDT en brouillard a été testé mais il faut encore évaluer des insecticides moins persistants de remplacement, épandus sous V.U.F. ou en formulations diluées adaptées à la formation de brouillard.

Il est peu probable que ces méthodes conduisent à l'éradication permanente mais il y a des cas où il faut réduire le nombre de mouches rapidement pour faire face au danger de recrudescence de la maladie du sommeil, dans des zones peuplées ou vouées au tourisme. Si la lutte à long terme s'avérait nécessaire, il faudrait étudier les applications répétées d'insecticide. L'épandage à partir de bateaux mérite considération dans le cas de zones riveraines d'accès difficile. Les détails figurent à l'Appendice III.

EPANDAGE D'INSECTICIDES REMANENTS A PARTIR D'HELICOPTERES

Des insecticides persistants hydrocarbonés chlorés tels que le DDT, le dieldrine et l'endosulfan se sont récemment montrés efficaces en Afrique de l'Ouest, ceci grâce à des traitements discriminatifs par voie aérienne à partir d'hélicoptères sur des flots de forêt, des lignes de drainage, des écotones et des portions de rivière où la végétation le permet. Comme les épandages aériens sont de toute façon plus diffus que l'épandage manuel, il est vital d'évaluer d'autres insecticides qui soient plus sûrs pour l'environnement et moins toxiques pour l'homme et le bétail. Il est également important d'examiner de près l'aspect économique de cette méthode et la possibilité d'utiliser différentes formulations pour une efficacité accrue. Les détails sont indiqués à l'Appendice IV.

EPANDAGE D'INSECTICIDES NON-REMANENTS A PARTIR D'HELICOPTERES

La lutte contre les mouches tsé-tsé a toujours posé des problèmes, le long de portions importantes de rivières où l'accès terrestre est difficile. Les avions n'ont pas la maniabilité voulue pour suivre les sinuosités de la végétation riveraine et la pulvérisation rémanente par voie aérienne provoque des effets secondaires désastreux sur l'environnement. Il y a donc un besoin en matière de technique de pulvérisation non-rémanente utilisant des insecticides plus sûrs pour l'environnement, aptes à réduire rapidement le nombre de mouches,

spécialement dans les zones où sévissent les épidémies de maladie du sommeil. Les détails sont indiqués à l'Appendice V.

EPANDAGE D'INSECTICIDES NON-REMANENTS A PARTIR D'AVIONS DE TAILLE MOYENNE

La technique de diffusion d'aérosols à partir d'avions dans la lutte contre la mouche tsé-tsé a été longuement essayée et s'est montrée efficace pour nombre d'insecticides dans des essais sur le terrain et des opérations aériennes d'envergure. Toutefois, elle nécessite encore un certain travail de mise au point. On utilise couramment l'endosulfan au dosage de 6 à 14 kg/ha par traitement. Il existe des cas où cet insecticide peut être dangereux, par exemple, le long de rivières ou de lacs et il vaudrait la peine d'évaluer d'autres insecticides. Les détails sont indiqués à l'Appendice VI.

APPENDICE IPropriétés des nouveaux composésPYRETHROIDES

NRDC 161

: Procida; solubilité faible dans les solvants paraffiniques mais problèmes de formulation peu probables car s'utilise à faible concentration; forte toxicité pour les mammifères, semblable à celle du dieldrine, 25-63 mg/kg per os pour les rats; disponible pour les essais sur le terrain.

Perméthrine (OMS-1821;
NRDC 143)

: divers exploitants de la licence; solubilité généralement élevée donc difficultés de formulation improbables; toxicité faible pour les mammifères: 1300 mg/kg per os pour les rats; disponible pour les essais sur le terrain.

COMPOSES ORGANOPHOSPHORES

Piriméthaphos (OMS-1504)

: Sandoz; difficile à formuler en solutions concentrées; faible toxicité pour les mammifères, rats 1500 mg/kg per os; disponible pour les essais sur le terrain.

Azaméthiphos (OMS-1825)

: Ciba-Geigy; difficile à formuler en solutions concentrées; faible toxicité pour les mammifères, rats 750-1400 mg/kg per os; disponible pour les essais sur le terrain.

OMS-1283 (O-analogue du
jodfenphos)

: Ciba-Geigy; il ne devrait pas y avoir de problèmes de formulation; toxicité modérée pour les mammifères, rats 375 mg/kg per os; disponible pour les tests en laboratoire.

- Fenthion (OMS-2) : Bayer; pas de problèmes de formulation; rats 215 mg/kg per os; disponible.
- Chlorfenvinphos (OMS-1328) : Shell; problèmes de formulation peu probables; forte toxicité pour les mammifères: rats 12-56 mg/kg per os; disponible.
- Crotoxyphos (OMS-239) : Shell; problèmes de formulation peu probables; toxicité modérée pour les mammifères; rats 125 mg/kg per os; disponible.
- Phosmet (OMS-232) : Stauffer; problèmes de formulation peu probables; toxicité modérée pour les mammifères; rats 230-300 mg/kg per os; disponible.
- Dicrotophos : Shell; problèmes de formulation peu probables; forte toxicité pour les mammifères; rats 16-20 mg/kg per os; disponible.
- Naled (OMS-75) : Chevron; ne peut être utilisé que dans un but technique pour les épandages à volume ultra faible; très volatil; faible toxicité pour les mammifères: rats 430 mg/kg per os; disponible.
- Tétrachlorvinphos (OMS-595) : Shell; difficile à formuler en solutions concentrées; faible toxicité pour les mammifères: rats 2000 mg/kg per os; disponible.

- Bromophos (OMS-658) : Ciba-Merck; pas de problèmes de formulation faible toxicité pour les mammifères; rats 2000 mg/kg per os; disponible.
- Jodfenphos (OMS-1211) : Ciba-Geigy; problèmes de formulation peu probables; faible toxicité pour les mammifères: rats 2000 mg/kg per os; disponible.

CARBAMATES

- Proxopur (OMS-33) : Bayer; difficultés possibles dans la formulation de solutions très concentrées; toxicité modérée pour les mammifères: rats 35-120 mg/kg per os; disponible.
- Bendiocarb (OMS-1394) : Fisons; difficile à formuler en solutions concentrées; toxicité modérée à forte pour les mammifères: rats 35-100 mg/kg per os; disponible.

APPENDICE II.Applications au sol d'insecticides rémanents

<u>Habitat</u>	- forêt-galerie riveraine	
<u>Espèces principales</u>	- <u>G. palpalis</u> , <u>G. tachinoides</u>	
<u>Lieu</u>	- Nigéria	
<u>Insecticides</u>	- 2 insecticides satisfaisants; dieldrine comme témoin	
<u>Matériel d'épandage</u>	- matériel à énergie hydraulique; nébulisateurs à dos motorisés	
<u>Coûts*</u>		\$
1 entomologiste	6 mois/hommes	14 000
1 spécialiste de terrain	6 mois/hommes	4 500
12 assistants de terrain	72 mois/hommes	4 500
Insecticides (2 produits essayés, 1 témoin)		1 000
Services (Land-rovers, chauffeurs, matériel)		<u>10 000</u>
	Total	<u>34 000</u> =====

Une équipe de pulvérisation de 4 hommes devrait couvrir environ 2 à 3 km par jour. Chaque zone expérimentale s'étendra sur 5 km de longueur environ. Une barrière chimique ou physique séparera les zones expérimentales. Le Nigéria offre un site adéquat par suite de la présence depuis de nombreuses années des équipes opérationnelles de pulvérisation au sol, dont la collaboration est essentielle.

*Coûts établis en Juin 1975.

APPENDICE IIIEpandages au sol d'insecticides non-rémanents

<u>Habitat</u>	- riverain
<u>Espèces principales</u>	- <u>G. palpalis</u> , <u>G. tachinoides</u>
<u>Lieu</u>	- Nigéria
<u>Insecticides</u>	- 2 insecticides non persistants convenant à la formulation à V.U.F. ou en solutions huileuses
<u>Matériel d'épandage</u>	- nébulisateurs à dos motorisés (modifiés pour l'épandage à V.U.F.) appareils à brouillard, diffuseurs d'aérosols manuels.

<u>Coûts *</u>	\$
1 entomologiste 1 1/2 mois	4 000
1 expert en épandage 1 1/2 mois	4 100
Insecticides	500
Matériel d'épandage (appareils et accessoires)	1 000
Services (transports, laboratoire, etc)	5 000
Personnel local 9 hommes/mois	4 000
	<hr/>
	Total 18 000
	<hr/> <hr/>

Ceci est en fait un exercice à court terme pour évaluer l'efficacité d'insecticides proposés, en traitements uniques. Le besoin de collaboration avec une unité opérationnelle de lutte contre la tsé-tsé est vital car elle peut fournir l'encadrement, les pulvérisateurs, les assistants de terrain, etc. Il faut environ 2 km de buissons riverains par traitement insecticide.

*Coûts établis en Juin 1975.

APPENDICE IV.Epandages d'insecticides rémanents par hélicoptère

<u>Habitat</u>	- riverain
<u>Espèces principales</u>	- <u>G. palpalis</u> , <u>G. tachinoides</u>
<u>Lieu</u>	- Zone du Programme de Lutte contre l'Onchocercose (novembre-avril, soit la saison sèche)
<u>Insecticides</u>	- 2 insecticides convenables, dieldrine comme témoin
<u>Matériel d'épandage</u>	- Bell 47 G4 ou 206 A équipé d'atomiseurs rotatifs

<u>Coûts *</u>	\$
1 entomologiste 4 mois	9 400
1 spécialiste en épandage 1 1/2 mois	4 000
Insecticides	3 600
1 spécialiste terrain 4 mois	3 000
12 assistants de terrain 48 hommes/mois	3 000
Services 13 Land-Rovers/mois	11 050
Hélicoptère 65 heures à \$1,200 l'heure	<u>78 000</u>
	Total 112 050
	=====

La zone OCP est proposée en raison de la disponibilité en services, personnel et matériel. Environ 10 km d'habitat riverain devront être pulvérisés par traitement, soit 20 ha par traitement à raison d'andains de 20 m de large. Trois insecticides à 4 doses d'épandage donnent 12 traitements, soit 240 ha. A 1 kg/ha, cela représente 240 kg. A \$ 10/kg cela donne \$2,400. Une allocation supplémentaire de 50% pour la pulvérisation éventuelle des deux côtes de la rivière porte ce coût à \$3,600.

*Coûts établis en Juin 1975

APPENDICE V. Épandages d'insecticides non-rémanents par hélicoptère

<u>Habitat</u>	- forêt galerie riveraine
<u>Espèces principales</u>	- <u>G. palpalis</u> , <u>G. tachinoides</u>
<u>Lieu</u>	- Afrique de l'Ouest
<u>Insecticides</u>	- endosulfan et un autre insecticide non-persistant
<u>Matériel d'épandage</u>	- hélicoptère Bell 47 G4 ou 206 équipé d'atomiseurs électriques

<u>Coûts *</u>	\$
Entomologiste 2 mois	5 200
Expert en épandage 1 mois	2 500
1 spécialiste de terrain 2 mois	1 500
12 assistants de terrain 24 hommes/mois	1 500
Services (7 Land-Rovers/mois)	5 950
Autres coûts	2 000
Insecticides	500
Hélicoptère (65 heures à \$ 1,200/heure)	<u>78 000</u>
	Total 97 000
	=====

L'endosulfan doit d'abord être utilisé au cours d'essais préliminaires pour démontrer que la technique est possible. Chaque essai portera sur 5 km de rivière. On ne peut envisager cette technique qu'en cas de danger en raison du coût prohibitif de l'utilisation répétée de l'hélicoptère.

* Coûts établis en Juin 1975

APPENDICE VI. Epandages d'insecticides non-rémanents par avion moyen-porteur

<u>Habitat</u>	- savane boisée
<u>Espèces principales</u>	- <u>G. m. morsitans</u>
<u>Lieu</u>	- Botswana (région de l'Okavango)
<u>Insecticides</u>	- 2 insecticides non persistants satisfaisants et l'endosulfan comme témoin
<u>Matériel d'épandage</u>	- avion bi-moteur de taille moyenne équipé d'atomiseurs rotatifs

<u>Coûts *</u>	\$
1 entomologiste 2 1/2 mois	7 750
1 expert en épandage 1 1/2 mois	5 650
Insecticides	7 000
Fournitures et services 4 Land-rovers/mois	3 400
Matériel (laboratoire etc)	3 000
Evaluation entomologique:	
1 spécialiste de terrain	2 000
1 adjoint	1 300
12 assistants de terrain	1 500
Land rovers 6 LR/mois	5 000
Avion (50 heures de vol à \$500/heure)	<u>25 000</u>
	Total 61 700 =====

Chaque bloc traité doit mesurer au moins 4 x 4 km = 16 km². Il faudra surveiller la population de tsé-tsé avant et après chaque traitement.

*Coûts établis en Juin 1975

BIBLIOGRAPHIE

1. Akesson, N.B. & Yates, W.E. (1974) The use of aircraft in agriculture
FAO Agricultural Development Paper, No. 94, FAO, Rome, Italy
2. Ashton, D.R. (1974) Tsetse control in Zambia. Report presented at
Tsetse Control Seminar, Blantyre, May 1974
3. Atkinson, P.R. (1971) A comparison of DDT w.p. and Dieldrin e.c. for
Tsetse Fly Control in Botswana. PANS, 17: 342-347
4. Baldry, D.A.T. (1971) The control of Glossina pallidipes in East Africa
by the aerial application of dieldrin invert emulsion sprays.
OAU/STRC. ISCTR. 13th mtg., Lagos, Nigeria
5. Barlow, F., & Hadaway, A.B. (1952) Some factors affecting the availability
of contact insecticides. Bull. ent. Res., 43, 91-100
6. Barlow, F., Hadaway, A.B. (1975) The insecticidal activity of some
synthetic pyrethroids against mosquitoes and flies. PANS, 21:233-238
7. Boivin, G. & DeCamp, S.T. (1975) Operational aspects of inertial guidance
in spruce budworm control. Proceeding of 5th Agric. Aviat. Congress,
Kenilworth, Worcs., England
8. Burnett, G.F. (1954) The effect of poison bait cattle on populations of
Glossina morsitans and G. swynnertoni. Bull. ent. Res., 45 411-421
9. Burnett, G.F. (1961) The susceptibility of tsetse flies to topical applica-
tions of insecticides. I. Young adults of Glossina morsitans Westw.
and chlorinated hydrocarbons. Bull. ent. Res., 52, 531-539
10. Burnett, G.F. (1961) The susceptibility of tsetse flies to topical applica-
tions of insecticides. II. Young adults of Glossina morsitans
Westw. and organophosphorus compounds, pyrethrum and Sevin.
Bull. ent. Res., 52, 763-768
11. Burnett, G.F. (1962) III. The effects of age and pregnancy on the suscepti-
bility of adults of Glossina morsitans. Westw. Bull. ent. Res.,
53, 337-345
12. Burnett, G.F. (1962) The susceptibility of tsetse flies to topical applica-
tions of insecticides. IV. Wild-caught adults of Glossina
swynnertoni, Aust. Bull. ent. Res., 53, 347-354
13. Burnett, G.F. (1962) Research in East Africa on the control of tsetse flies
from the air. Agric. Aviat. 4, 79-87
14. Burnett, G.F. (1963) The susceptibility of tsetse flies to topical applica-
tions of insecticides. V. Young adults of Glossina morsitans
Westw. and some substituted N-methyl carbamates Bull. ent. Res.,
53, 747-752

15. Burnett, G.F. (1963) The susceptibility of tsetse flies to topical applications of insecticides. VI. Data on more chlorinated hydrocarbons and a general discussion. *Bull.ent. Res.*, 53, 753-761
16. Burnett, G.F. (1970) In: *The African Trypanosomiasis*. Mulligan and Potts, pp. 464-520 Allen & Unwin, London
17. Burnett, G.F., Chadwick, P.R., Miller, A.W.D. & Beesley, J.S.S. (1964). Aircraft applications of insecticides in East Africa. XIV - Very low volume aerosols of dieldrin and isobenzan for the control of Glossina morsitans Westw. *Bull. ent. Res.*, 55, 527-539
18. Burnett, G.F., Robinson, J., Leroux, J.G. (1957). Comparative trials of DDT and dieldrin for the control of the riverside tsetse Glossina palpalis fuscipes. *E. Afr. Agric. J.*, 22, 142
19. Burnett, G.F., Yeo, D., Miller, A.W.D. & White, J.P. (1961) Aircraft applications of insecticides in East Africa. XIII - An economical method for the control of Glossina morsitans Westw. *Bull. ent. Res.*, 52, 305-316
20. Buxton, P.A. (1955) *The natural history of tsetse flies*. London School of Hygiene and Tropical Medicine Memoir No. 10, H.K. Lewis & Co. Ltd., London
21. Chadwick, P.R., Beesley, J.S.S., White, P.J., Matechi, H.T. (1964) An experiment on the eradication of G. swynnertoni by insecticidal treatment of its resting sites. *Bull. ent. Res.*, 55, 411-419
22. Challier, A. (1962) Campagne de lutte contre G. palpalis gambiensis Vanderplank dans le foyer de Bamako (République du Mali). ISCTR 9th. mtg., Conakry 1962, 265-274.
23. Challier, A., Eyraud, M. & Dedewanou, B. (1964) Etude de l'effet de l'HCH nébulise sur une population de G. palpalis gambiensis Vanderplank 1949 dans une galerie forestière (Kankalabu, République de Haute-Volta). ISCTR 10th mtg., Kampala 1964, 133-144
24. Challier, A., Laveissiere, C., Eyraud, M., Kulzer, H., Pawlick, O., Krupke, M. (1974). Helicopter application of insecticides to control riverine tsetse flies in the West African savannah. WHO/VBC/74.493. 27 pp
25. Coutts, H.H. (1973) Tsetse fly control in Northern Nigeria using a helicopter for a residual deposit of dieldrin. Group Research Reoprt WKGR. 0048. Shell Research Limited, London
26. Davies, H. (1964) The eradication of tsetse in the Chad River System of Northern Nigeria. *J. appl. Ecol.*, 1, 387-403
27. Davies, H. (1967) *Tsetse flies in Northern Nigeria*. Ibadan University Press
28. Davies, H. (1971) Further eradication of tsetse in the Chad and Gongola River systems in North-Eastern Nigeria. *J. appl. Ecol.*, 8, 563-578

29. Davies, H. & Blasdale, P. (1960) The eradication of Glossina morsitans submorsitans Newst. and G. tachinoides Westw. in part of a river flood plain in Northern Nigeria by chemical means. Part III. Bull. ent. Res., 51, 265-270
30. Equipment for Vector Control. 2nd ed. World Health Organization, Geneva, 1974
31. Fairclough, R. (1956) Insecticidal fogs against tsetse flies on trains. Bull. ent. Res., 47, 193-196
32. Farrell, J.A.K. (1960) The control of a tsetse fly (Glossina) advance by use of residual insecticide. ISCTR 8th. mtg., Jos 1960, 265-268
33. Finelle, P. (1966) Tsetse-fly control in the northern zone of Central Africa (Central African Republic, Chad and Cameroon). Joint FAO/WHO Inter-Regional Seminar on African Trypanosomiasis, Nairobi, 1966
34. Finelle, P., Desrotour, J. & Yvore, P. (1962) Essai de lutte contre G. fusca par pulvérisation de Dieldrin en République Centrafricaine. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 15, 247-253
35. Foster, R. White, P.J., Yeo, D. (1961) Aircraft applications of insecticides in East Africa. XII - Preliminary attempts to reduce the cost of controlling the tsetse species Glossina morsitans Westw., G. synnertoni Aust. and G. pallidipes Aust. in savannah woodland. Bull. ent. Res., 52, 293-303
36. Gledhill, J.A. (1967) Notes on tsetse and tsetse control in Zambia. Cyclostiled report
37. Gledhill, J.A. & Caughey, W. (1962) Report on a field trial in the use of dieldrin for the control of G. morsitans in the Zambesi Valley - 1961. ISCTR 9th mtg., Conakry 1962, 239/251
38. Glover, P.E. (1962) A further note on the extermination of G. palpalis in Nyanza Province of Kenya. ISCTR 9th mtg., Conakry 1962 253-264
39. Glover, P.E., Le Roux, J.G. & Parker, D.F. (1960) The extermination of Glossina palpalis on the Kuja-Migori river systems with the use of insecticides. ISCTR 7th mtg., Burxelles 1958, 331-342
40. Glover, P.E., Le Roux, J.G., Parker, D.F. (1960) The extermination of Glossina palpalis on the Kiya-Migori river systems with the use of insecticides. ISCTR Seventh Meeting, Brussels, 1958. Publ. Comm. techn. Co-op. Afr. No. 41, 331-342
41. Graham, P. (1964) Destruction of birds and other wildlife by dieldrex spraying against tsetse fly in Bechuanaland. Arnoldia, 1, 1-4
42. Gunn, D. et. al. (1948) Locust control by aircraft in Tanganyika. 153 pp., COPR, London
43. Hadaway, A.B. (1972) Toxicity of insecticides to tsetse flies. Bull, Wld. Hlth. Org., 46, 353-362

44. Hadaway, A.B., & Barlow, F. (1951). Studies on aqueous suspension of insecticides. *Bull. ent. Res.*, 41, 603-622
45. Hadaway, A.B. & Barlow, F. (1965) Studies on the deposition of oil drops. *Ann. appl. Biol.* 55: 267-274
46. Hadaway, A.B. & Turner, C.R. (1975) Toxicity of insecticides to tsetse flies. WHO/VBC/75.510
47. Hocking, K.S. (1948) Progress Report No. 5, Colonial Insecticide Research, Entebbe, Uganda
48. Hocking, K.S. (1961) Discriminative application of insecticide against Glossina morsitans. *Bull. ent. Res.*, 52, 17-22
49. Hocking, K.S., Burnett, G.F. & Sell, R.C. (1954) Aircraft applications of insecticides in East Africa. VII - An experiment against the tsetse flies, Glossina morsitans, Westw. and G. swynnertoni Aust., in the rainy season. *Bull. ent. Res.*, 45, 605-612
50. Hocking, K.S., Burnett, G.F. & Sell, R.C. (1954) Aircraft applications of insecticides in East Africa. VIII - An experiment against the tsetse fly, Glossina swynnertoni Aust., in an isolated area of thornbush and thicket. *Bull. ent. Res.*, 45, 613-622
51. Hocking, K.S., Lee, C.W., Beesley, J.S.S. & Matechi, H.T. (1966) Aircraft applications of insecticides in East Africa. XVI-Airspray experiment with endosulfan against Glossina morsitans Westw., G. swynnertoni Aust. and G. pallidipes Aust. *Bull. ent. Res.*, 56, 737-744
52. Hocking, K.S., Parr, H.C.M., Yeo, D. & Anstey, D. (1953) Aerial applications of insecticides in East Africa. IV - The application of coarse aerosols in savannah woodland containing the tsetse Glossina morsitans and G. swynnertoni *Bull. ent. Res.*, 44, 627-640
53. Hocking, K.S., Parr, H.C.M., Yeo, D. & Robins, P.A. (1953) Aircraft applications of insecticides in East Africa. II - An experimental attempt to produce a fly-free corridor through a belt of tsetse-infested woodland. *Bull. ent. Res.* 44, 601-609
54. Hocking, K.S. & Yeo, D. (1953) Aircraft applications of insecticides in East Africa. I - Preliminary experiments in areas supporting populations of the tsetse fly (Glossina palpalis R.-D). *Bull. ent. Res.*, 44, 589-600
55. Hocking, K.S., Yeo, D. (1956) XI - Applications of a coarse aerosol to control Glossina morsitans, West. at Urambo, Tanganyika, and G. morsitans Westw. and G. pallidipes Aust. in Lango County, Uganda. *Bull. ent. Res.*, 47, 631-644

56. Hocking, K.S., Yeo, D. & Anstey, G.G. (1954) Aircraft applications of insecticides in East Africa. VI - Applications of a coarse aerosol containing DDT to control the tsetse flies, Glossina morsitans Westw., G. swynnertoni Aust. and G. pallidipes Aust. Bull. ent. Res., 45, 585-603
57. Irving, N.S. (1968) The absorption and storage of insecticide by the in utero larva of the tsetse fly, Glossina pallidipes Aust. Bull. ent. Res., 58, 221-226
58. Irving, N.S. & Beesley, J.S.S. (1969) Aircraft applications of insecticides in East Africa, XVII - Airspray experiment with fenthion against Glossina morsitans Westw., G. swynnertoni Aust. and G. pallidipes Aust., Bull. ent. Res., 58, 431-437
59. Irving, N.S., Lee, C.W., Parker, J.D. & Beesley, J.S.S. (1968) Aircraft applications of insecticides in East Africa. XVIII - Attempted control of Glossina pallidipes Aust. with pyrethrum in dense thicket. Bull. ent. Res., 59, 299-305
60. Johnstone, D.R., Huntington, K.A., Coutts, H.H. (1974) Penetration of spray droplets applied by helicopter into a riverine forest habitat of tsetse flies in West Africa. Agric. Aviat. 16, 71-82
61. Kendrick, J.A. & Alsop, N. (1974) Aerial spraying with endosulfan against Glossina morsitans morsitans in the Okavango Delta area of Botswana. PANS, 20: 392-399
62. Kernaghan, R.J. (1960) Some aspects of the insecticidal control of Glossina tachinoides in Northern Nigeria. ISCTR 8th mtg., Jos 1960, 285-293
63. Kernaghan, R.J. (1961) Insecticidal control of vectors of human trypanosomiasis in N. Nigeria. J. trop. Med. Hyg. 64, 303-309
64. Kirkby, W.W., Blasdale, P. (1960) The eradication of Glossina morsitans submorsitans Newst. and Glossina tachinoides Westw. in part of a river flood plain in Northern Nigeria by chemical means. Bull. ent. Res., 51, 253-264
65. Koeman, J.H., Hadden, P.M. (1968) Report concerning a study on the effects of dieldrin spraying on small rodents in S.W. Kenya O.A.U./S.T.R.C., Publ. No. 102, 257-265
66. Koeman, J.H., Rijksen, H.D., Smies, M., Na'Isa, B.K. & MacLennan, J.R. (1971) Faunal changes in a swamp habitat in Nigeria sprayed with insecticides to exterminate Glossina. Netherlands J. Zool., 21, 434-463
67. Langridge, W.P., Mugutu, S.P. (1968) Some observations on the destruction of wildlife and insects after spraying with organochlorine pesticides for tsetse fly control measures. OUA/ISTRIC Publication No. 102, 195-201

68. Lee, C.W. (1969) Aerial applications of insecticides for tsetse fly control in East Africa. Bull. Wld. Hlth Org., 41, 261-268
69. Lee, C.W., Coutts, H.H., & Parker, J.D. (1969) Modifications to micronair equipment and assessment for fine aerosol emission in tsetse fly control Agric. Aviat 11: 12-17
70. Lee, C.W. & Miller, A.W.D. (1966) Trials with devices for atomizing insecticides by exhaust gases from an aircraft engine. Agric. Aviat. 8: 17-22
71. Lee, C.W., Pope, G.G., Kendrick, J.A., Bowles, G., Wiggett, G. (1975) Aerosol studies using an Aztec aircraft fitted with Miconair equipment for tsetse fly control in Botswana. COPR Misc. Rpt. No. 18. 9 pp
72. LeRoux, J.G. & Platt, D.C. (1968) Application of a dieldrin invert emulsion by helicopter for tsetse control. OAU/ISTRIC Publication No. 102, 219-229
73. Lycklama A Nijeholt, P. (1968) Persistence of DDT and dieldrin in deposits on bark, when applied in various formulations OUA/ISTRIC Publication No. 102, 237-246
74. MacLennan, K.R.J. (1967) Recent advances in techniques for tsetse-fly control (with special reference to Northern Nigeria). Bull. Wld. Hlth. Org., 37, 615-628
75. MacLennan, K.J.R., Aitchison, P.J. (1963) Simultaneous control of three species of Glossina by the selective application of insecticides. Bull. ent. Res., 54, 199-212
76. MacLennan, K.J.R., Kirkby, W.W. (1958) The eradication of Glossina morsitans submorsitans Newst. in part of a river flood plain in Northern Nigeria by chemical means. Bull. ent. Res., 49, 123-131
77. Mahood, A.R. (1962) Control of G. palpalis (R-D) in the Guinea savannah zone of N. Nigeria. ISCTR 9th mtg., Conakry 1962, 171-179
78. MacDonald, W.A. (1960) Insecticidal spraying against Glossina palpalis based on a study of its nocturnal resting sites with ultra-violet light. ISCTR 8th mtg., Jos 1960, 243-245
79. Ministry of Overseas Development, 1975. Pesticide application equipment London, Centre for Overseas Pest Research. A folder with separates, A1-A5, B1-B3, and C1, reprinted from PANS, 21: 436-449
80. Pans (1974) Notes and news. Pestic. Artic. News Summ. 20: 223
81. Park, P.O. (1967) The loan of a Pesticides Chemist to Zambia - Final report Cyclostyled report, Ministry of Overseas Development, London, 33 pp., ref. No. AMP245/132/05 (2)

82. Park, P.O., Gledhill, J.A., Alsop, N., & Lee, C.W. (1972) A large-scale scheme for the eradication of Glossina morsitans Westw. in the Western Province of Zambia by aerial ultra-low-volume applications of endosulfan. Bull. ent. Res., 61, 373-384
83. Parker, J.D. (1974) Equipment for tsetse control. WHO/VBC/74.503
84. Parker, J.D., Collings, B.G. & Kahumbura, J.M. (1971) Preliminary tests of a suction spray nozzle for use with aircraft spraying systems. Agric. Aviat. 13 (1): 24-28
85. Riordan, K. (1966) Persistence of Dicophen, B.P., deposits from suspensions and emulsions on bark in the northern Guinea Savannah zone of Nigeria investigations by chemical means and bio-assay. ISCTR 11th mtg., Nairobi 1966, 133-137
86. Riordan, K. (1968) Further measurements with the World Health Organization standard test kit of the susceptibility to DDT and dieldrin of Glossina palpalis (R-D) in Nigeria. OAU/ISCTR Publication No. 102, 231-236
87. Riordan, K. (1975) Toxicity of insecticides to three species of tsetse fly. WHO/VBC/75.580
88. Robertson, A.G. (1957) Uganda Protectorate Tsetse Control Department, annual report 1956, Govt. Printer, Entebbe
89. Robertson, A.G. & Kluge, E.B. (1968) The use of insecticide in arresting an advance of Glossina morsitans Westwood in the south-east lowveld of Rhodesia. Proc. Trans. Rhod. scient. Ass. 53, 17-33
90. Robertson, A.G., Kluge, E.B., Kritzinger, D.A. & DeSousa, A.E. (1974) The use of residual insecticides in reclamation of the Rhodesia-Mozambique border region between the Sabi/Save and Limpopo river from Glossina morsitans Westw. Proc. Trans. Rhod. Sci. Ass. 55, 34-62
91. Spielberger, U., Abdurrahim, U. (1971) Pilot trial of discrinative aerial application of persistent dieldrin deposits to eradicate Glossina morsitans submorsitans in the Anchau and Ikara forest reserves, Nigeria. OAU/ISTRC Publication No. 105, 271-281
92. Spielberger, U. & Von Sivers, P., (1970) Berliner und Munchern Tierartzliche Wochenschrift, 83. Jahrgang. Heft 17. 338-341
93. Steel, W.S. & Gledhill, J.A. (1958) The Broken Hill - Mulungushi Dam tsetse eradication scheme. ISCTR 7th mtg., Bruxelles 1958, 247-267
94. Steel, W.S., Gledhill, J.A. & Norton, L.B. (1958) Chingola tsetse control scheme. ISCTR 7th mtg., Bruxelles 1958, 291-301

95. Symes, C.B., Hadaway, A.B., Barlow, F., Galley, W. (1948) Field experiments with DDT and Benzene Hexachloride against tsetse (Glossina palpalis) Bull. ent. Res. 38, 591-612
96. Tarimo, C.S. (1974) The control of Glossina swynnertoni Aust. with synergized pyrethrum from the ground. Pyrethrum Post, 12, 116-118
97. Tarimo, C.S., Parker, J.D. & Kahumbura, J.M. (1971) Aircraft applications of insecticides in East Africa XX - The control of Glossina swynnertoni Aust. and G. pallidipes Aust. in savanna woodland with a pyrethrum/DDT mixture. Pyrethrum Post, 11, 18-20
98. Tarimo, C.S., Parker, J.D. & Kahumbura, J.M. (1971) Aircraft applications of insecticides in East Africa. XXI - The control of Glossina swynnertoni Aust. and G. pallidipes Aust. in savanna woodland with pyrethrum. Pyrethrum Post, 11, 21-23
99. Tarry, D.W. (1967) Control of Glossina morsitans submorsitans Newst. in Northern Nigeria by riverine spraying with motorized sprayers. Ann. trop. Med. Parasit., 61, 465-471
100. Thomson, W.E.F., Glover, P.E. & Trump, E.C. (1960) The extermination of G. pallidipes from an isolated area on Lake Victoria with the use of insecticides. ISCTR 8th mtg., Jos 1960, 303-308
101. Toit, R. du (1954) Trypanosomiasis in Zululand and the control of tsetse flies by chemical means. Onderstepoort. J. vet. Res., 26, 317-387
102. Toit, T. du and Kluge, E.B. (1949) The application of insecticides by aircraft for the control of tsetse flies in S. Africa. Brit. Sci. News. 2, 20, 246-250
103. Toure, S.M. (1973) Lutte contre Glossina palpalis gambiensis dans la région des niayes du Sénégal. Re. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. 26, 339-347
104. Vale, G.A. (1974) New field methods for studying the response of tsetse flies (Diptera, Glossinidae) to hosts. Bull. ent. Res., 64, 199-208
105. Vanderplank, F.L. (1947) Experiments with DDT on various species of tsetse flies in the field and laboratory. Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg. 40, 603-620
106. Walker, D.A. (1973) AGRI-FIX a track guidance system for aerial application Agric. Aviat. 15(4): 99-104
107. Whiteside, E.F. (1949) An experiment in control of tsetse with DDT-treated oxen. Bull. ent. Res. 40: 123-134
108. Wilson, S.G. (1953) The control of Glossina palpalis fuscipes Newst in Kenya Colony. Bull. ent. Res., 44, 711-728

109. Woodcock, K.E. (1949) Peripheral vegetation spraying on Ziribanje Island, Lake Victoria. Bureau Permanent Interafricain de Tsetse et Trypanosomiase No. 79. Brazzaville 11 pp
110. Wooff, W.R. (1965) The eradication of *G. morsitans morsitans* Westw. in Ankole, western Uganda by dieldrin application. ISCTR-Tenth meeting, Kampala, 1964. Publ. Comm. tech. Co-op. Afr. No. 97, 157-166
111. WHO (1970) Seventeenth Report of the WHO Expert Committee on Insecticides Wld. Hlth. Org. techn. Rep. Ser., 1970, No. 443
112. WHO (1971) Eighteenth Report of the WHO Expert Committee on Insecticides Wld. Hlth. Org. techn. Rep. Ser., 1971, No. 465

CAHIERS TECHNIQUES DE LA FAO

ETUDES FAO: PRODUCTION VEGETALE ET PROTECTION DES PLANTES

1. Horticulture, a select bibliography, 1976 (A*)
2. Cotton specialists and research institutions in selected countries, 1976 (A*)
3. Food legumes: distribution adaptability and biology of yield, 1977 (A*)
4. Soybean production in the tropics, 1977 (A*)
5. Les systemes pastoraux sahelien, 1977 (F*)
6. Resistance aux pesticides et evaluation des pertes de recolte - 1, 1977 (A* F*)

ETUDES FAO: PRODUCTION ET SANTE ANIMALES

1. Selection animale: articles choisis de la Revue mondiale de zootechnie, 1977 (A* F* E*)
2. Eradication de la peste porcine classique et de la peste porcine africaine, 1977 (A* F* E*)
3. Insecticides et materiel d'epandage pour la lutte contre la tse-tse, 1977 (A* F*)
4. Nouvelles sources d'aliments du betail, 1977 (TRI***)
5. Bibliography of the criollo cattle of the Americas, 1977 (biling. A/E*)

CAHIERS FAO: CONSERVATION DES SOLS

1. L'aménagement des bassins versants, 1977 (A* F*** E***)
2. Techniques hydrologiques de conservation en amont, 1977 (A* F*** E***)
3. Conservation en zones arides et semi-arides, 1977 (A* F*** E***)
4. Special readings in conservation techniques, 1977 (A*)

BULLETINS DES SERVICES AGRICOLES DE LA FAO

29 titres parus

BULLETINS FAO D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE

28 titres parus

BULLETINS PEDOLOGIQUES DE LA FAO

32 titres parus

Disponibilite: mai 1977

A	—	Anglais	*	Disponible
E	—	Espagnol	**	Epuise
F	—	Francais	***	En preparation

On peut se procurer les cahiers techniques de la FAO aupres des agents officiels de vente de la FAO, ou en s'adressant directement a la Section distribution et ventes FAO, Via de/le Terme di Caracalla, 00100, Rome, /talie.

M-20

ISBN 92-5-200183-2