

# L'atome et la lutte contre les ravageurs

par D.A. Lindquist\* et ses collaborateurs

D'après les estimations, les pertes dues aux insectes représentent de 8 à 20% de la production animale et végétale totale dans le monde.

En vue de mettre au point des technologies pouvant réduire ces pertes, la Section de la lutte contre les insectes et autres ravageurs de la Division mixte FAO/AIEA parraine des projets et dirige des recherches par l'intermédiaire de la Section d'entomologie du Laboratoire de biotechnologie agricole, à Seibersdorf. Dans ses travaux, la Section a donné une grande importance à la technique des insectes stériles (TIS). Cette technique consiste à stériliser un grand nombre d'insectes de l'espèce cible et à les lâcher dans la zone choisie. Les insectes mâles stériles s'y accouplent avec des femelles sauvages fertiles, qui n'ont pas de descendance. Il s'agit donc d'une forme hautement spécialisée de «contrôle des naissances». On l'emploie pour lutter contre un certain nombre d'insectes ravageurs dans plusieurs pays.

Il importe que les insectes de l'espèce cible soient produits en grand nombre. L'une des principales activités du Laboratoire est donc de mettre au point des méthodes pour élever en masse les insectes contre lesquels on utilisera la TIS. La plupart des recherches effectuées au cours des deux dernières décennies ont porté sur la mouche tsé-tsé et la mouche méditerranéenne des fruits.

Les activités de la Section portent également sur l'emploi des radioisotopes et des isotopes stables, qui sont des instruments précieux pour l'étude de l'écologie et du comportement des insectes. L'immigration et la migration des insectes peuvent facilement être étudiées à l'aide des techniques isotopiques. Les isotopes jouent aussi un rôle très important lorsqu'il s'agit de déterminer l'efficacité de différents parasites et prédateurs.

## La mouche tsé-tsé

La mouche tsé-tsé est le seul vecteur de la trypanosomiase animale et humaine (la «maladie du sommeil»), qui entrave depuis de longues années la mise en valeur des ressources humaines et agricoles en Afrique. Depuis plus de 15 ans, la Section de la lutte contre les insectes et autres ravageurs s'attache à mettre au point la technique des insectes stériles (TIS) pour lutter contre la mouche tsé-tsé. Des recherches ont été faites à la fois au Laboratoire de Seibersdorf et par des chercheurs sous contrat dans des Etats Membres dont le Nigeria, où un programme de lutte contre la mouche tsé-tsé parrainé par l'Agence est en cours d'exécution.

Le programme d'élevage en masse de deux espèces de mouches tsé-tsé extrêmement importantes du point de vue économique (*Glossina morsitans* et *Glossina*

*palpalis*) a comporté deux phases. Au cours de la première, on a mis au point le matériel nécessaire, élaboré des méthodes et étudié la biologie de la reproduction des insectes dans des conditions environnementales standard en utilisant des animaux vivants comme source de sang — c'est ce que l'on appelle couramment la technique de l'alimentation *in vivo*. Un système d'alimentation *in vivo* très efficace est disponible depuis 1979.

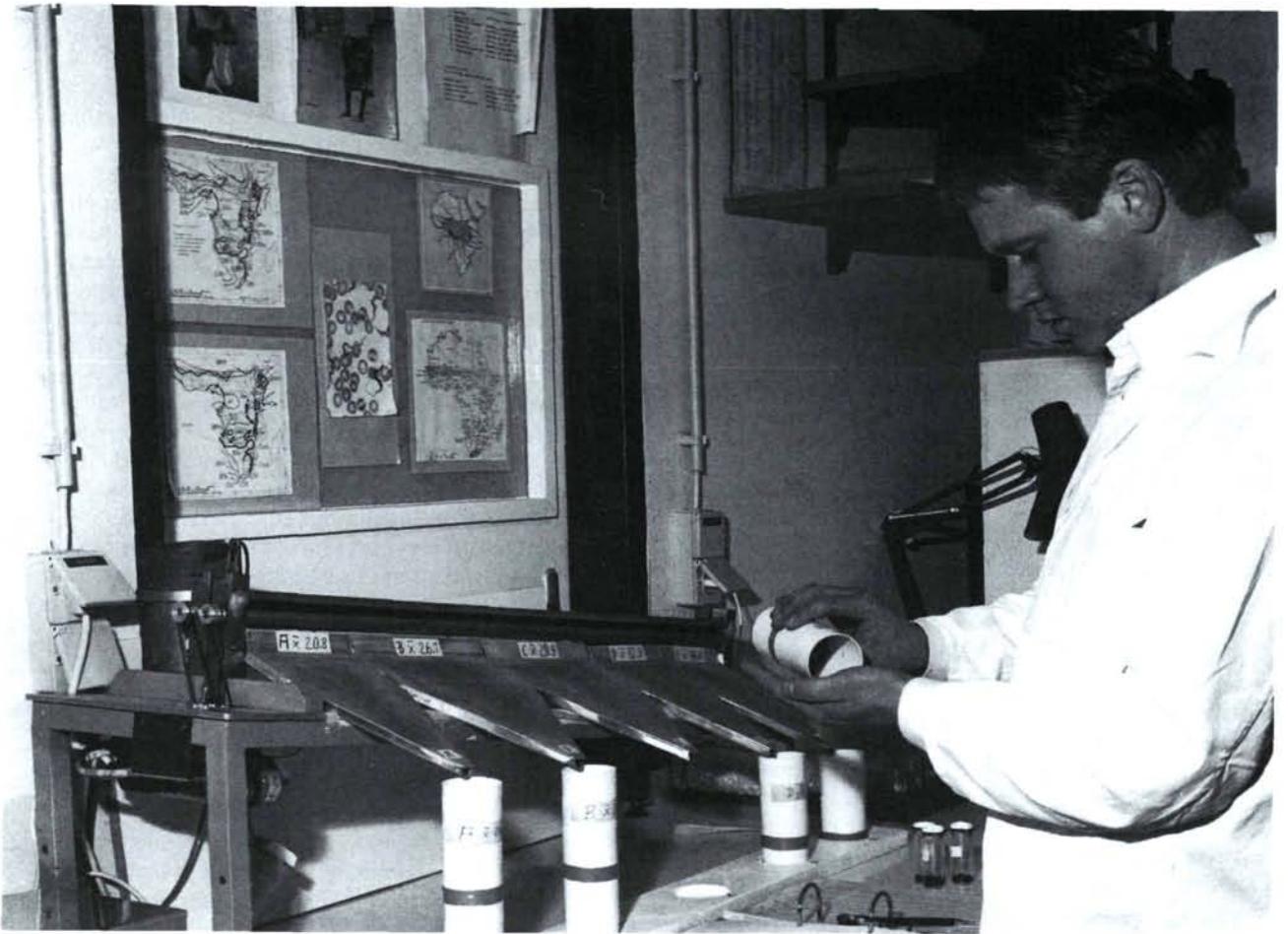
Au cours de la seconde phase du programme d'élevage, on s'est efforcé surtout de mettre au point un système d'alimentation *in vitro* pour remplacer les animaux vivants. On utilise à cette fin, pour simuler la peau de l'animal hôte, des membranes de silicone couvrant du sang entier défibriné prélevé sur des vaches et des porcs. L'amélioration systématique des méthodes suivies pour la préparation de la nourriture et l'alimentation sur membrane, jointes à l'application stricte des critères retenus pour déterminer si le sang conservé de différentes manières présente les qualités voulues, ont permis l'élevage en masse *in vitro* de plusieurs espèces de mouches tsé-tsé avec une efficacité et un rendement comparables à ceux de la méthode d'élevage *in vivo*.

Il ressort d'études fondamentales sur les exigences nutritionnelles de la mouche tsé-tsé que celle-ci n'a pas besoin de cellules intactes ni de sang hémolysé. Ces résultats ont initié la mise au point des aliments préparés à partir de sang congelé. Grâce aux améliorations apportées à la production, au contrôle et au stockage du sang congelé, il est devenu possible de préparer du sang à peu de frais, de le stocker pendant au moins un an avant usage et de l'envoyer dans le monde entier.

La technologie et le matériel mis au point à Seibersdorf pour l'élevage à la fois *in vitro* et *in vivo* de la mouche tsé-tsé ont été transférés à l'installation du projet BICOT au Nigeria, où ils sont utilisés dans le cadre d'un programme fondé sur l'emploi de la TIS qui est en cours d'exécution.

On s'est aussi efforcé de tourner les difficultés économiques et logistiques liées aux méthodes actuellement disponibles pour l'alimentation de la mouche tsé-tsé. A cette fin, on cherche à utiliser d'autres produits que le sang entier. Les recherches faites au Laboratoire de Seibersdorf ont déjà abouti à la mise au point d'un aliment synthétique semi-défini qui a donné des résultats satisfaisants pour l'élevage d'un certain nombre d'espèces de mouches tsé-tsé. Ce produit, composé d'ingrédients disponibles dans le commerce, est le premier aliment synthétique de ce genre mis au point dans le monde pour un insecte suceur de sang. On poursuit les recherches en vue de réduire la complexité des ingrédients entrant dans sa composition et d'abaisser le prix de revient du produit le plus possible. L'objectif est de mettre au point un produit bon marché, composé d'ingrédients simples, qui soit facile à stériliser, à stocker et à manipuler.

\* M. Lindquist est Chef de la Section de la lutte contre les insectes et autres ravageurs de la Division mixte FAO/AIEA.



Un technicien du Laboratoire de Seibersdorf fait fonctionner un appareil qui trie les pupes de la mouche tsé-tsé d'après leur taille.

Un aliment artificiel pratique pour la mouche tsé-tsé pourrait être utilisé non seulement pour l'élevage en masse des insectes, mais aussi pour l'étude de la nutrition et du métabolisme de la mouche, l'examen des effets physiologiques de différents composés, l'étude du développement des trypanosomes dans la mouche et l'élevage d'autres insectes hématophages.

#### Le projet BICOT

Le 3 juin 1977, le Gouvernement de la République fédérale du Nigeria et l'AIEA ont signé un accord qui a donné naissance à un projet de lutte biologique contre la mouche tsé-tsé par la technique des insectes stériles, connu sous l'appellation de BICOT. Localisé à Vom, dans l'Etat du Plateau de Vom, au Nigeria, le projet BICOT est devenu opérationnel en janvier 1979. A cette date, les installations indispensables pour coloniser *Glossina palpalis palpalis*, l'espèce-cible de la mouche tsé-tsé, avaient été fournies. Le Département fédéral des services de lutte contre les ravageurs et l'Institut nigérian pour la recherche sur la trypanosomiase ont affecté des membres de leur personnel au projet. Depuis, le Gouvernement fédéral du Nigeria a fourni une aide financière et la Belgique, l'Italie, la République fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni et la Suède ont versé des contributions généreuses qui ont permis d'acheter le matériel, les fournitures et les véhicules nécessaires et de faire appel à des experts.

L'objectif essentiel du projet est d'étudier les avantages, l'efficacité et la rentabilité de la TIS pour l'élimination de *G. p. palpalis*, et d'élaborer un protocole en vue de l'adoption de cette technique pour les programmes généraux de lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomiase au Nigeria et dans les autres pays d'Afrique qui sont touchés.

La zone choisie pour le lâcher des mouches, qui se trouve à environ 200 km au sud de Vom, à l'intérieur du domaine couvert par un projet de développement agricole, a une superficie d'environ 1500 km<sup>2</sup> et est traversée par des réseaux fluviaux complexes. L'existence de cultures intensives au sud et à l'ouest de cette zone empêchera toute infiltration de mouches tsé-tsé de l'extérieur, une fois qu'elles en auront été éliminées.

Depuis le début de l'exécution du projet, des efforts considérables ont été accomplis pour élever en masse l'espèce cible, procéder à une vaste étude sur la zone du projet et renforcer les barrières quasi naturelles par l'emploi de pièges biconiques, une pulvérisation judicieuse et limitée d'insecticides à la périphérie et l'installation d'écrans imprégnés d'insecticides aux points névralgiques des nombreux affluents des deux principaux réseaux fluviaux alimentant la zone du projet.

Les systèmes d'élevage *in vivo* et *in vitro* sont utilisés simultanément pour entretenir la colonie de *G. p. palpalis*, qui compte maintenant quelque 70 000 femelles.

Celles-ci produisent chaque semaine environ 5000 mâles excédentaires destinés à être irradiés et lâchés sur le terrain. La plupart des recherches nécessaires au projet BICOT sont exécutées au Laboratoire de Seibersdorf, où une colonie complémentaire d'environ 50 000 femelles est aussi entretenue pour le projet BICOT. Tous les quinze jours, des pupes fournies par la colonie de Seibersdorf sont envoyées au projet BICOT, qui peut ainsi disposer de reproducteurs d'appoint et de mâles supplémentaires pour les lâchers sur le terrain. Des mâles stériles ont maintenant été lâchés dans la majeure partie des portions méridionale et centrale de la zone du projet, où sont situés plus de 50% des «points chauds», et les résultats obtenus sont excellents: la mouche tsé-tsé a été complètement supprimée dans certains bois isolés. D'ici la fin de 1984, la zone de 1500 km<sup>2</sup> aura été entièrement traitée.

Les résultats donnés par le projet BICOT et par des expériences semblables faites en Haute-Volta, ont incontestablement démontré qu'il est techniquement possible de supprimer l'espèce riveraine de la mouche tsé-tsé à l'aide de la TIS, lorsque celle-ci est combinée à des pièges et à l'emploi limité d'insecticides présentés sur des écrans. Il reste à déterminer si le coût des opérations du type BICOT peut concurrencer celui des méthodes utilisées traditionnellement pour lutter contre la mouche tsé-tsé. Cependant, d'après des données préliminaires provenant d'un projet semblable en Haute-Volta, il semble que cette technique puisse concurrencer économiquement les insecticides pour l'élimination de *Glossina palpalis gambiensis*.

Sur les 55 personnes qui composent l'effectif du projet BICOT, deux seulement sont des experts internationaux fournis par l'AIEA. A ce jour, huit membres du personnel nigérian ont reçu à Seibersdorf une formation aux techniques d'élevage en masse et d'irradiation de la mouche tsé-tsé.

Que réserve l'avenir au projet BICOT? La suppression de l'espèce cible de mouche tsé-tsé dans une zone de 1500 km<sup>2</sup> ne doit pas marquer la fin du projet, mais être considérée seulement comme le début d'un programme plus important. Le fait que ce projet a été lancé à l'intérieur de la zone de développement agricole de Lafia, d'une superficie de 9400 km<sup>2</sup>, et à proximité de terres pouvant être utilisées comme pâturages, est une raison suffisante pour que l'on envisage de prolonger le projet BICOT au-delà de la date limite de décembre 1984. Les avantages que présenterait une telle prolongation sont manifestes. De plus, le projet BICOT pourrait jouer un rôle essentiel en devenant le principal centre de formation pour les ressortissants des pays d'Afrique qui, en nombre croissant, désirent appliquer la TIS dans le cadre de leurs programmes nationaux et régionaux de lutte contre la mouche tsé-tsé. S'il en était ainsi, l'objectif assigné initialement au projet BICOT serait dépassé.

### La mouche méditerranéenne des fruits

La mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*) est l'un des insectes qui causent le plus de dommages aux agrumes, aux fruits à noyau, à beaucoup d'autres fruits et à certains légumes dans le monde. Certains pays où cet insecte ravageur n'existe pas refusent d'importer des fruits et des légumes des pays où

il existe. Les règlements de quarantaine sont strictement appliqués, et peuvent ainsi avoir un effet important sur les exportations.

La Section de la lutte contre les insectes et autres ravageurs appuie activement l'emploi de la TIS contre la mouche méditerranéenne des fruits depuis de nombreuses années. Des essais sur le terrain ont été organisés en Italie, en Espagne et dans d'autres pays méditerranéens. Lorsque la mouche méditerranéenne des fruits a envahi le Mexique et un pays voisin, le Guatemala, il a été demandé à l'Agence de participer au transfert de la technologie de la SIT au Mexique. Ce transfert s'est fait en coopération avec les Etats-Unis. Le programme d'éradication de la mouche méditerranéenne des fruits a permis de supprimer ce parasite du Mexique, les pertes ainsi évitées étant évaluées à plus de 500 millions de dollars par an. Le programme mexicain se poursuit, avec pour objectif de supprimer le parasite du Guatemala. Un programme analogue, mais moins important, a été entrepris au Pérou en 1982 avec l'appui de l'Italie. Il a pour principal objectif de supprimer la mouche méditerranéenne des fruits dans deux principales vallées du Sud du Pérou consacrées à la culture fruitière.

### Le programme d'éradication de la ceratitis en Egypte (MISR-MED)

A la suite du succès remporté par le programme d'élimination de la mouche méditerranéenne des fruits au Mexique, un programme analogue a été entrepris en Egypte. Le 16 octobre 1983, l'AIEA a signé avec le Gouvernement égyptien un accord qui visait expressément à l'éradication de la mouche méditerranéenne des fruits en Egypte. A cette fin, on utilise une méthode intégrée de lutte contre les ravageurs comportant l'emploi de pulvérisations d'appâts, des procédures de quarantaine appropriées et le lâcher de *ceratitis* stériles. Le programme, nommé MISR-MED, a son siège à Alexandrie, en Egypte. En raison de sa faisabilité économique, de son acceptabilité pour l'environnement et de son efficacité, la TIS est une méthode de base idéale pour la lutte intégrée contre les ravageurs. L'Autriche et l'Italie apportent leur concours au programme.

Au cours des 18 premiers mois du projet, on prévoit de construire une installation qui produira un milliard de mouches méditerranéennes des fruits par semaine, d'élaborer des méthodes de stérilisation, d'emballage et de lâcher des mouches, de procéder à une enquête préalable sur le terrain et de mettre en place l'infrastructure nécessaire à l'exécution du programme d'éradication. Un programme de formation du personnel aux méthodes de la TIS a été entrepris.

Lorsque la *ceratitis* aura été supprimée en Egypte, les connaissances spécialisées et les moyens de production MISR-MED du programme seront mis à la disposition des pays du Bassin méditerranéen et du Moyen-Orient.

### Le programme de recherche sur la ceratitis exécuté à Seibersdorf

Dans le cadre du programme de recherche sur la mouche méditerranéenne des fruits exécuté à

Seibersdorf, on procède à plusieurs séries d'études en vue de définir les conditions d'élevage qui devront être réalisées dans le programme en Egypte. Ainsi, on a entrepris des recherches pour déterminer si des ingrédients provenant d'Egypte, comme le son, la levure et la mélasse, pourraient entrer dans la composition des aliments destinés aux larves de mouches. Une fois que l'on dispose d'un aliment pour les larves acceptable du point de vue nutritionnel, il est nécessaire de déterminer exactement des facteurs comme la texture, la teneur en eau et la profondeur du milieu, car ils influent sur le taux de développement larvaire et la dissipation de la chaleur dans le milieu. Il est indispensable de contrôler la température de la nourriture des larves. Au cours des derniers mois, on est parvenu à définir un régime alimentaire dans lequel la température est maintenue à un niveau acceptable, et qui permet d'obtenir une production élevée de pupes de bonne qualité.

Dans les installations de production en masse de mouches méditerranéennes des fruits, on utilise actuellement deux systèmes différents pour récupérer les larves parvenues à maturité à partir du milieu alimentaire. Dans l'un, les larves parvenues à maturité sont séparées mécaniquement du milieu alimentaire, tandis que dans l'autre on les recueille lorsqu'elles sautent spontanément hors du régime alimentaire. On comparera ces deux systèmes pour déterminer celui qui fournit les pupes de meilleure qualité et qui est le mieux adapté aux conditions régnant en Egypte.

Une activité importante a trait à la mise au point d'un aliment de départ. Suivant ce système, les œufs arrivés à maturité sont placés pendant deux jours sur une petite quantité de milieu alimentaire très nutritif, et les jeunes larves qui émergent sont alors mises au régime normal à base de son. La mise au point d'un aliment de départ permettrait de gagner beaucoup de place dans l'installation égyptienne, et pourrait aussi se révéler indispensable pour l'application du système de sexage génétique actuellement à l'étude. Les progrès ont été plus qu'encourageants et donnent à penser qu'un aliment de départ satisfaisant pourra bientôt être utilisé en Egypte.

Seuls les mâles stériles jouent un rôle important dans la réduction du potentiel de reproduction de la population indigène dans un programme de lâcher d'insectes stériles. Le lâcher de femelles de *ceratitis* stériles peut en fait avoir des effets nuisibles, car les femelles stériles «piquent» les fruits en essayant de pondre bien qu'elles ne produisent pas d'œufs. On a donc intérêt à ne lâcher que des mâles stériles. D'autre part, s'il était possible de n'élever et de ne lâcher que des mâles, on réaliserait des économies importantes sur les frais d'élevage.

Aussi a-t-on entrepris au laboratoire, en avril 1983, un programme portant sur la mise au point d'un mécanisme de sexage génétique pour la mouche méditerranéenne des fruits. Une des méthodes envisagées consiste à déterminer la tolérance de souches de mouches méditerranéennes des fruits à la température, l'idée étant qu'une température qui opérerait une ségrégation entre les sexes permettrait d'éliminer les femelles.

Après avoir isolé les facteurs sensibles à la température, l'étape suivante consisterait à transférer ces facteurs au chromosome déterminant du sexe masculin et à mettre la nouvelle souche à l'essai par élevage en masse.

#### Application des isotopes à la lutte contre les ravageurs

Depuis 1982, la Section de la lutte contre les insectes et autres ravageurs participe activement à un projet du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)/AIEA en Indonésie en vue d'utiliser les isotopes et les rayonnements pour augmenter la production agricole. Un expert affecté au projet au cours des 12 derniers mois a créé un laboratoire fonctionnel de radioisotopes à BATAN (Djakarta), où est localisé le projet, en vue d'étudier l'écologie et le comportement alimentaire des insectes parasites du riz et d'autres ravageurs. Au cours de cette période, des progrès considérables ont en outre été réalisés en ce qui concerne aussi bien la formation d'entomologistes indonésiens à la mise au point d'expériences pour lesquelles on utilise des isotopes, à l'exécution de ces expériences et à l'interprétation de leurs résultats, que l'élaboration et l'essai de nouvelles techniques de marquage adaptées aux conditions locales. Par exemple, on a mis au point des expériences en vue de faciliter le marquage du paddy grâce à l'emploi d'huile de maïs marquée au moyen de  $^{32}\text{P}$ . A l'aide des techniques d'autoradiographie, on a déterminé les habitudes alimentaires de la sauterelle brune des plantes et de la sauterelle verte des feuilles. L'objectif est d'établir la cause de la résistance de certaines variétés de riz à ces ravageurs. Il semble que dans l'un et l'autre cas, la résistance soit causée par l'inhibition de l'alimentation.

Un résultat important dans ce contexte a été la mise au point d'un nouveau système de comptage à scintillation à flacon sec, dont l'efficacité de comptage s'est révélée supérieure à celle du compteur GM standard. Lorsque cette méthode sera parfaitement au point, on pourra recommander son application universelle: les entomologistes locaux et l'expert participant au projet auront ainsi apporté une contribution importante dans ce domaine.

#### Formation

L'une des principales activités de la Section de la lutte contre les insectes et autres ravageurs au cours des 20 dernières années a consisté à former un cadre d'entomologistes originaires d'Etats Membres en développement en vue de leur permettre d'être mieux à même d'appliquer des techniques nucléaires à la lutte contre les insectes ravageurs. A ce jour, plus de 150 chercheurs originaires de 42 pays ont bénéficié du programme ordinaire de formation de l'Agence en entomologie et, depuis 1963, année où le cours biennuel FAO/AIEA d'une durée de huit semaines a été organisé pour la première fois en collaboration avec l'Université de Floride et le Département de l'énergie et de l'agriculture des Etats-Unis, 179 entomologistes originaires de 67 pays ont participé au programme. En outre, plus de 40 chercheurs participant aux programmes en rapport avec la TIS ont reçu une formation de courte durée au Laboratoire d'entomologie à Seibersdorf.