

# Applications de la technologie nucléaire autres que l'énergie

## Aider efficacement les pays en développement par H. Seligman\*

L'aide aux pays en développement constitue l'une des fonctions statutaires importantes de la plupart des organismes des Nations Unies. Les moyens en ont été très bien définis par l'ONU: conseils, bourses, organisation de cours de formation, dons de matériel et assistance financière. L'AIEA met également en oeuvre des contrats et accords de recherche et planifie des recherches coordonnées sur des thèmes spécifiques.

Pour que les techniques nouvelles importantes soient introduites efficacement dans les pays en développement, il faut doser soigneusement tous les éléments précités. En outre, parce qu'elle compte de nombreux scientifiques dans son personnel et qu'elle dispose de son propre laboratoire, l'AIEA peut associer toutes les diverses possibilités d'assistance de manière exceptionnelle et on a pu exécuter plusieurs projets faisant appel à tous ces éléments. La manière d'accorder l'assistance varie considérablement dans chaque cas, ce qui témoigne de la grande souplesse de l'Agence, et les avantages qui en découlent pour le pays bénéficiaire (lorsqu'ils sont quantifiables) peuvent être considérables, comme on le verra ci-après.

Dans plusieurs cas, ces projets d'assistance technique nécessitent le transfert d'une technologie nouvelle. Même en l'absence de ce transfert, il faut effectuer des recherches préliminaires, généralement considérables, afin de s'adapter à la situation du pays intéressé. Fréquemment, le climat, l'environnement agricole et l'écologie diffèrent complètement de ceux des autres régions où des projets de même type ont été exécutés auparavant.

On étudiera ci-après seulement un petit nombre de projets — certains achevés, d'autres en cours d'exécution. On illustrera:

- Les diverses origines d'un projet: demande d'un pays, missions effectuées par un scientifique, discussions lors d'une conférence ou d'une réunion restreinte, etc.
- Les différentes méthodes de financement d'un projet: budget de l'assistance technique, Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), trésor public, capitaux privés.
- Les méthodes utilisées pour contribuer à la réalisation du projet: missions d'experts, formation, matériel, contrats ou accords de recherche, travaux de laboratoire, y compris recherches pratiques rapides.

La Division mixte FAO/AIEA de l'application de l'énergie atomique (isotopes et rayonnements) au progrès de l'agriculture et à l'alimentation a un long palmarès en la matière. Les avantages d'un grand nombre de ses projets sont considérables, pour un coût relativement faible.

### Mutants du sorgho résistant aux parasites

Le sorgho est un aliment de base dans un grand nombre de régions du monde. Il a été attaqué par les parasites dans un pays, l'Inde. Le rendement a diminué très rapidement et il a semblé qu'on ne pourrait plus en planter dans ces conditions. Des scientifiques indiens ont contacté l'AIEA et ont participé à un programme de recherche coordonnée de l'Agence en 1970 afin de mettre au point un mutant résistant aux parasites dans lequel toutes les autres propriétés souhaitables seraient par ailleurs préservées ou même renforcées. Pendant le programme, des semences de la mère de la variété hybride ont été irradiées et on a pu produire le mutant souhaité résistant aux parasites. Ce mutant a été utilisé pour recréer une variété hybride résistante et à rendement élevé. L'Agence a appuyé ce programme pendant sept ans pour un montant de 32 000 dollars. Pendant la même période, l'Inde a dépensé 120 000 dollars. En conséquence de l'introduction de l'hybride résistant aux parasites, le rendement a immédiatement augmenté de 3000 tonnes, soit un gain annuel de 3 à 4 millions de dollars: un rapport coût-avantages sur sept ans d'au moins 1 pour 10 000.

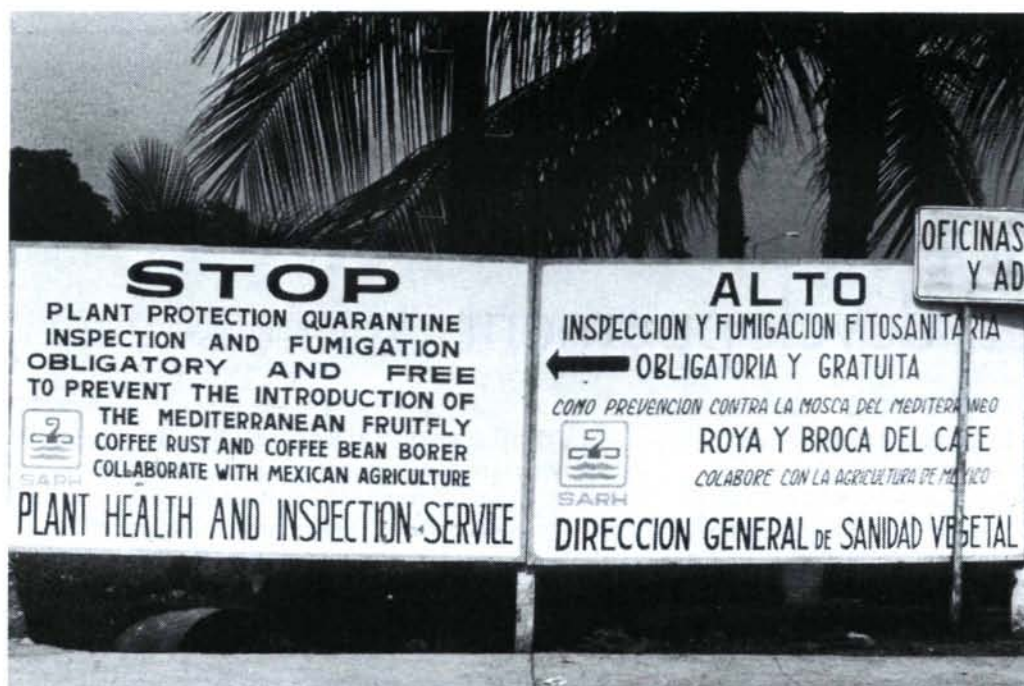
Plus récemment, on a produit un hybride encore meilleur. Les contacts étroits entre l'Agence et les scientifiques indiens, les contrats de recherche, les nombreuses réunions, discussions et missions ont été essentielles à la réussite de ce projet.

### Lutte biologique contre la mouche tsé-tsé

L'Agence a une longue expérience en matière de mise au point de tous les éléments essentiels à l'élimination des ravageurs au moyen de la technique de l'insecte stérile. Cette technique a été mise au point à l'origine pour la lutte contre la mouche méditerranéenne des fruits et appliquée ultérieurement à d'autres ravageurs, dont la mouche tsé-tsé qui présente un danger pour l'homme et les animaux en Afrique.

Le Nigéria a essayé de lutter contre la mouche tsé-tsé pendant un grand nombre d'années au moyen de techniques bien établies, telles que la pulvérisation d'insecticides (DDT, Dieldrin, Endosulfan). Ces

\* M. Seligman a été Directeur général adjoint, Chef du Département de la recherche et des isotopes de l'Agence, de 1958 à 1969.



Les pertes des récoltes fruitières et le coût des méthodes classiques de lutte contre la mouche méditerranéenne des fruits au Mexique représentaient 1 milliard de dollars des Etats-Unis par an – soit environ huit fois le budget annuel total de l'AIEA. En utilisant la technique de l'insecte stérile dans le cadre d'un programme intégré de lutte phytosanitaire, le Mexique a pu éliminer la mouche méditerranéenne des fruits en 30 mois.

techniques n'ont été qu'en partie couronnées de succès et avaient un grand nombre d'effets nocifs pour l'environnement. Après des discussions avec l'AIEA, le Nigéria a décidé d'introduire la technique de l'insecte stérile et, dans une première étape, de traiter une superficie de 1000 km<sup>2</sup> avant la fin de 1984. Dans le passé, cette technique s'était révélée efficace contre plusieurs types d'insectes, à l'occasion de petits projets au Zimbabwe en 1968–1969, en Tanzanie et en Haute-Volta. Le Gouvernement fédéral nigérian et l'Agence sont convenus de tenter d'éliminer la mouche tsé-tsé d'une région de semi-savane, au centre-nord du Nigéria, en associant la technique de l'insecte stérile à des méthodes classiques. Tout d'abord, il a fallu effectuer des essais écologiques pour obtenir des renseignements importants. Une fois ces essais achevés avec succès, on a mis au point des méthodes en vue de commencer des opérations de routine de lutte contre la mouche tsé-tsé au Nigéria et de les étendre éventuellement ultérieurement à d'autres régions touchées en Afrique.

Après des discussions et des réunions d'ordre général, un accord a été conclu et on a choisi la région et implanté le système de surveillance écologique au début de 1979. Les installations d'élevage ont été installées plus tard dans l'année. En janvier 1982, on a mis en place les aliments servant d'appât et on a commencé le lâcher d'insectes stériles deux mois plus tard. Cinquante personnes au total travaillent à ce projet.

Le rôle de l'Agence n'a pas uniquement porté sur la recherche à long terme qui avait commencé des années auparavant; il a consisté aussi à aider à adapter la technique à l'élevage, à la stérilisation et au lâcher de 10 000 à 12 000 mouches mâles stériles par semaine, venant d'une colonie de 100 000 mouches femelles environ. On a pu élever cette colonie grâce à l'introduction d'une nouvelle méthode d'alimentation artificielle mise au point au Laboratoire de l'Agence, à

Seibersdorf, près de Vienne. En outre, il a fallu former du personnel et fournir du matériel dont une source d'irradiation (un grand nombre d'éléments de matériel ont été mis au point au Laboratoire de l'Agence). Par la suite, l'Agence a aidé à mettre en place tout l'encadrement administratif. Le fait que trois administrateurs de l'Agence aient travaillé pendant plusieurs années à ce projet permet de se faire une idée de l'ampleur des travaux.

Le financement de ce projet est intéressant. Le coût, environ 750 000 dollars par an, était couvert par des contributions volontaires d'un certain nombre de pays développés comme la Belgique, l'Italie, la République fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni et la Suède. Les avantages résultants devraient être intéressants non seulement pour le Nigéria mais aussi pour tout le continent africain.

On n'a pas encore calculé précisément le rapport coût-avantages, mais cette région ne peut pratiquement pas se développer aussi longtemps qu'elle est infestée par la mouche tsé-tsé. Elle pourra être cultivée, une fois ce ravageur éliminé.

#### Mouche méditerranéenne des fruits au Mexique

Un projet analogue au programme relatif à la mouche tsé-tsé porte sur l'élimination de la mouche méditerranéenne des fruits au Mexique. Les pertes des récoltes fruitières et le coût des méthodes classiques de lutte (qui n'étaient pas efficaces) étaient d'un milliard de dollars par an, soit huit années du budget total actuel de l'Agence. Le Gouvernement mexicain a demandé à la Division mixte de l'aider à utiliser la technique de l'insecte stérile pour libérer le Mexique de la mouche méditerranéenne des fruits. Pratiquement tous les éléments nécessaires à cette tâche avaient été mis au point au Laboratoire de l'Agence à Seibersdorf pendant un grand nombre d'années: l'élevage des insectes, leur

manutention, la méthode de stérilisation la meilleure et les techniques pratiques de lâcher. Il a fallu transférer ces techniques, former des spécialistes à toutes ces activités et fournir du matériel d'une valeur de 200 000 dollars. En fait, pour les premiers essais, un certain nombre de mouches élevées au Laboratoire de Seibersdorf ont été expédiées au Mexique. Dans le cas de la mouche méditerranéenne des fruits, il faut produire 500 millions de mouches par semaine, chiffre auquel l'organisme mexicain nouvellement créé est parvenu très rapidement. Pour incroyable que cela puisse paraître, la mouche méditerranéenne des fruits a été éliminée du Mexique en trente mois. L'installation, construite par le Gouvernement mexicain, sera également utilisée pour éliminer la mouche méditerranéenne des fruits du Guatemala voisin.

### Dosimétrie médicale

Pendant des missions effectuées dans un grand nombre de pays en développement au cours des années, les scientifiques de l'Agence ont remarqué que les doses auxquelles étaient soumis, dans les hôpitaux, les malades traités par des rayonnements n'étaient pas tout à fait correctes, faute d'étalons. Après de nombreuses discussions privées en 1967, une réunion d'experts s'est tenue en 1968 et a fixé les normes de dosimétrie pour les centres de radiothérapie du cancer de sorte que les patients reçoivent la dose voulue de rayonnements ionisants.

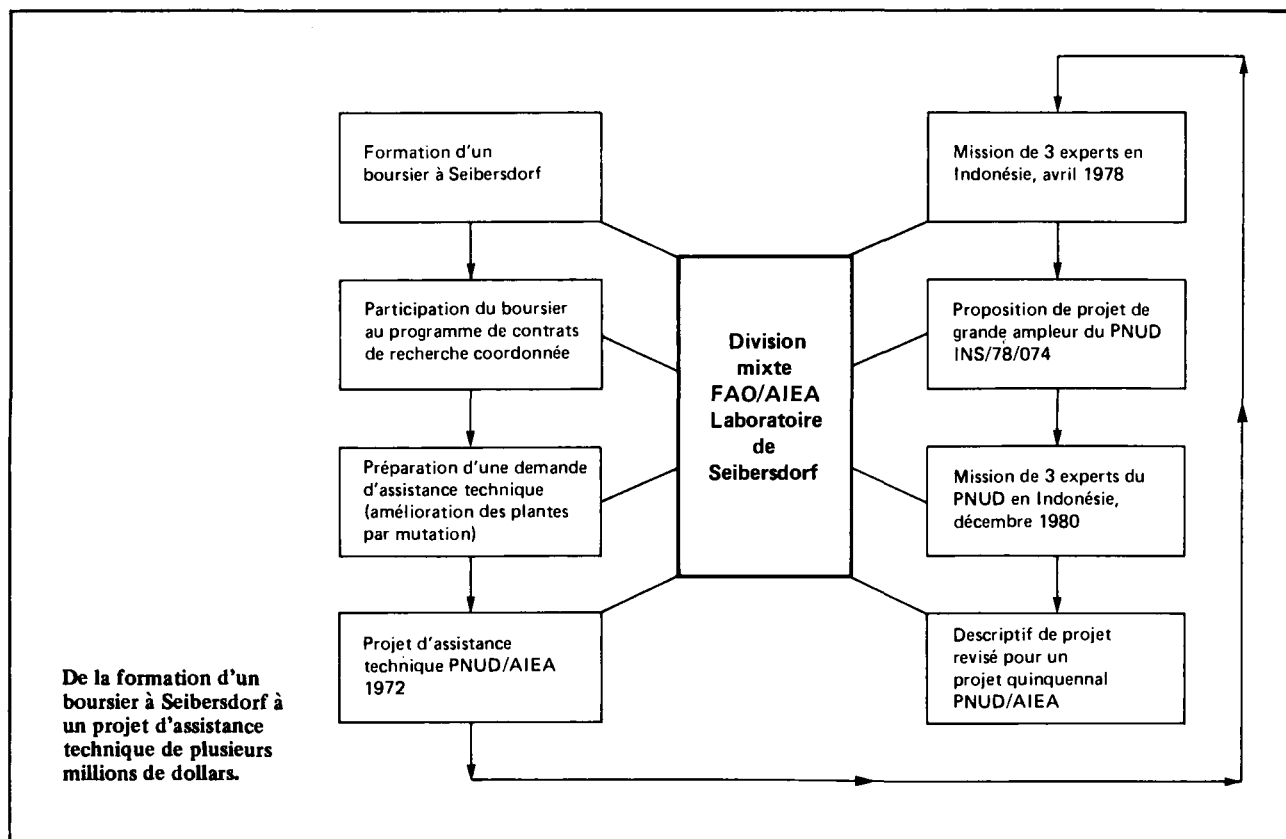
Ce projet est un excellent exemple de la collaboration étroite et fructueuse entre l'Agence et l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Les deux organisations ont décidé de créer des centres régionaux d'étalonnage

pour la dosimétrie. L'OMS a désigné plusieurs laboratoires des pays en développement comme centres régionaux de référence pour l'étalonnage secondaire pour la dosimétrie. Ces laboratoires étaient destinés à combler le fossé entre les systèmes d'étalonnage primaire et les utilisateurs de rayonnements ionisants, les hôpitaux. En 1976, un Secrétariat mixte AIEA/OMS de ce réseau a été créé. Les premières années de travail ont été si fructueuses que 40 laboratoires dans 30 pays en développement, appuyés par 12 laboratoires nationaux d'étalonnage primaire et 5 organisations internationales associées, participent maintenant au projet. Le Laboratoire de Seibersdorf, qui est le centre du réseau, est utilisé pour les comparaisons interlaboratoires et la formation et pour fournir des services consultatifs. Les doses actuellement mesurées montrent une nette amélioration des marges d'erreur et ce contrôle normalisé a permis à plusieurs centaines de malades dans un grand nombre de pays de bénéficier de la création des laboratoires secondaires d'étalonnage.

### Projet agricole en Indonésie

Ce projet destiné à améliorer la phytogénétique, la nutrition des plantes, la pédologie et la lutte phytosanitaire montre de façon exemplaire comment, grâce aux différentes installations de l'Agence, telles que le Laboratoire de Seibersdorf, au programme de contrats de recherche et aux moyens habituels d'assistance technique, ce qui a commencé par la formation d'un boursier est devenu un projet du PNUD de 4,5 millions de dollars des Etats-Unis.

A l'origine, un boursier indonésien a suivi un cours de formation au Laboratoire de Seibersdorf sur l'amé-



lioration des plantes par mutation radioinduite. A son retour en Indonésie il a pensé que son pays pourrait tirer grand profit de cette méthode. Après que les difficultés administratives habituelles ont été surmontées, et grâce aux conseils de l'Agence fournis à tous les stades de son entreprise (comme on peut le voir d'après le diagramme), celle-ci s'est transformée en fin de compte en un programme agricole général axé sur l'utilisation des isotopes et des rayonnements dans l'agriculture en Indonésie. Un montant total de quelque 4,5 millions de dollars des Etats-Unis est alloué au programme quinquennal, dont un tiers environ sera financé par le PNUD. Le programme prévoit des activités de grande envergure en phyto-génétique, pour le riz, les variétés cultivées dans les marécages, le soja, le haricot velu, le blé et le sorgho. En ce qui concerne la nutrition des plantes, le programme porte surtout sur les techniques d'application des engrais azotés et l'étude de l'environnement. Un service de lutte phytosanitaire sera créé et utilisera si possible la technique de l'insecte stérile. L'ensemble du programme requiert 18 scientifiques et 32 techniciens.

### Accord régional de coopération pour l'Asie et le Pacifique

L'Accord régional de coopération (RCA)\* est un autre exemple de la polyvalence de l'Agence dans la mise en œuvre de programmes de recherche appliquée au profit des pays en développement. Cet accord qui date de 1964 prévoyait au début un programme restreint auquel participaient deux pays et l'Agence et qui portait sur la formation et la recherche en physique des semi-conducteurs. Par la suite, ce programme est devenu le programme actuel, beaucoup plus important, auquel participent 12 pays et qui couvre de nombreux domaines de la technique nucléaire. Le financement de ce programme est quelque peu inhabituel puisqu'il bénéficie de l'aide du PNUD et de plusieurs pays donateurs qui ne sont pas tous des pays développés. Le montant total dépensé l'année passée a été de 3,5 millions de dollars des Etats-Unis, dont 3 millions financés par le PNUD. Le programme de recherche de l'Agence est étroitement intégré à presque toutes les activités. A l'heure actuelle les neuf projets suivants sont en cours d'exécution:

- Utilisation des mutations induites par les rayonnements pour l'amélioration de la production de céréales et de légumineuses;
- Irradiation des aliments;
- Utilisation des techniques nucléaires pour accroître la production de buffles;
- Radiostérilisation des fournitures médicales;
- Recherche en écologie sanitaire;
- Entretien des instruments nucléaires;
- Application des isotopes en hydrologie et en sédimentologie;
- Production de mutants semi-nains pour l'amélioration du riz; et applications industrielles des isotopes et de la technologie des rayonnements.

Certains projets sont en cours depuis cinq ans déjà et les recherches préliminaires ont été achevées. Parmi ces

\* Accord régional de coopération sur le développement, la recherche et la formation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires pour l'Asie et le Pacifique.

nombreux projets, on n'en présentera ici que trois, particulièrement intéressants, qui en sont presque au stade de la commercialisation. Il s'agit de la conservation des aliments, de la stérilisation des fournitures médicales et de la vulcanisation du caoutchouc naturel.

La conservation des aliments par irradiation pourrait être profitable à la région en permettant non seulement de réduire les pertes de denrées alimentaires mais aussi de faciliter l'écoulement des excédents pendant les périodes de haute production. D'après les recherches, les aliments susceptibles de subir un radiotraitement sont les mangues, les épices, les oignons et le poisson séché. L'utilisation de produits chimiques pour fumer les mangues sera probablement abandonnée progressivement en raison des risques que les résidus chimiques présentent pour la santé; le traitement par irradiation à chaleur moyenne permet d'éliminer les larves des mouches des fruits et de prolonger la durée de conservation des fruits. Les doses nécessaires pour détruire les insectes dans le poisson séché ont été déterminées grâce à des recherches préliminaires et les travaux en laboratoire ont été achevés en ce qui concerne les épices et l'inhibition de la germination dans les oignons. Ces projets seront étendus à l'échelle semi-commerciale dans la région.

Des expériences préliminaires en laboratoire ont facilité l'introduction dans la région de la radiostérilisation des fournitures médicales.

A la suite de recherches menées dans le cadre du RCA, une usine pilote de vulcanisation du caoutchouc naturel par irradiation d'une capacité de 1000 tonnes par an sera implantée dans la région.

### Projet concernant les buffles

C'est peut-être, dans le cadre de l'Accord régional de coopération, le projet qui a le meilleur rapport coût-efficacité. Le buffle est un animal précieux: fournissant du lait et de la viande, c'est aussi un animal de trait et de transport. Utilisé pour le labourage, le buffle peut être un facteur important dans la mise en culture de terres arables.

Dans de nombreuses parties d'Asie, la production de buffles a diminué et a atteint des niveaux dangereusement faibles. Pour remédier à cette situation et permettre un accroissement de la production animale, l'Agence a parrainé en 1976 un programme de recherche coordonnée sur l'utilisation du radioimmunos dosage et de la technique des isotopes pour l'étude de la physiologie du buffle. On a étudié, à l'aide des radioisotopes, les besoins en aliments et en eau des buffles, ainsi que certaines maladies, et fait des essais qui consistent à administrer des hormones afin de réduire les intervalles entre les vêlages. Des méthodes modernes de radio-immunos dosage ont été utilisées pour contrôler comment le rythme de reproduction des buffles varie en fonction des variations des rations alimentaires, des conditions atmosphériques et d'autres conditions locales.

En appliquant les connaissances ainsi acquises, les agriculteurs locaux peuvent améliorer la nutrition des animaux et, partant, en augmenter non seulement le nombre mais aussi la qualité. Vu l'importance du buffle, ces améliorations pourraient être très importantes pour la région.

### Hydrologie

C'est une longue tradition de l'Agence de favoriser la recherche et de mener ses propres recherches sur l'application des isotopes radioactifs et stables en hydrologie. Les méthodes permettant de déterminer les mouvements et l'âge des nappes souterraines ont été améliorées. On peut déceler l'origine des nappes d'eaux souterraines, évaluer l'alimentation des nappes et étudier le volume aquifère total ainsi que l'écoulement des nappes souterraines. Pendant des années, principalement comme agent d'exécution de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'Agence a dû résoudre un grand nombre de problèmes en matière d'hydrologie. Par ailleurs, en complétant la mise au point des méthodes et en organisant des cours de formation, l'Agence a acquis une telle expérience que plus de vingt pays ont demandé son assistance pour créer des laboratoires d'hydrologie isotopique. Deux exemples simples montreront comment les techniques isotopiques ont permis d'établir la carte hydrologique de zones où l'eau était nécessaire de toute urgence pour de grandes villes avoisinantes.

Bangkok a besoin d'une alimentation en eau plus abondante. On utilise dans cette ville les nappes souterraines mais cette source doit évidemment être renouvelable. Dans le cadre d'un accord de coordination des recherches, on a élaboré un programme coordonné et créé les installations nécessaires pour mesurer la répartition des isotopes dans l'environnement. Les premiers résultats ont montré que dans une zone la nappe souterraine n'était pas alimentée et que l'eau pouvait seulement en être «extraite». Il a donc fallu étendre l'étude à une autre région afin de trouver une source renouvelable. Ce projet a été financé par le Gouvernement australien qui a également fourni une aide technique.

Un cas similaire est l'extension du système d'alimentation en eau de la ville d'Athènes. La participation de l'Agence a commencé par l'envoi de missions et la fourniture de conseils; par la suite, des échantillons d'eau ont été analysés au Laboratoire de l'Agence. Le

programme d'assistance technique de l'Agence a permis de former des scientifiques, d'établir des contrats de recherche et de créer en Grèce un laboratoire d'hydrologie isotopique. Dans ce cas, on a analysé une source d'eau douce provenant d'un ensemble de sources appelé Kalamos et constaté qu'elle était alimentée par un autre système. On a déterminé le trajet souterrain probable de l'eau et identifié la source d'où provenait la composante en eau douce, et ce de façon à pouvoir capter cette eau douce avant qu'elle ne soit contaminée par l'eau de mer. Là encore, les avantages ont été assez nombreux, et, sans l'utilisation de techniques isotopiques, il aurait fallu effectuer de nombreux carottages et de nombreux essais de longue durée.

### Des bénéfices de plusieurs millions de dollars

Ces quelques exemples montrent que les domaines d'activité de l'Agence sont très diversifiés (un grand nombre de projets purement industriels n'ont pas été mentionnés) et que l'Agence est également à même d'intégrer tous les éléments nécessaires à la réussite des projets d'assistance technique.

L'histoire de l'Agence montre que, grâce à une formation scientifique bien orientée dispensée dans les domaines les plus utiles, à des conseils spéciaux fournis par des experts et aux moyens offerts par les installations d'assistance technique, le capital investi peut fructifier, et qu'il a en fait produit des bénéfices de plusieurs millions de dollars, et parfois même plusieurs milliards de dollars. Dans certains cas, il n'est pas sûr que les projets auraient pu se concrétiser sans les travaux et l'aide des laboratoires de l'Agence.

Le présent article n'est pas une étude exhaustive des projets utiles et couronnés de succès; il a seulement pour but de montrer comment il est possible, avec un peu d'ingéniosité et d'enthousiasme, d'utiliser rationnellement les nombreux moyens qui existent pour réaliser, à un coût modeste pour l'Agence, des projets valables dont les pays intéressés tirent pleinement parti.

Le Gouvernement fédéral nigérian et l'AIEA ont convenu d'essayer d'éliminer la mouche tsé-tsé du Centre-Nord du Nigéria grâce à la technique de l'insecte stérile. La mouche tsé-tsé est le vecteur de la maladie du sommeil chez l'homme et de la trypanosomiase chez les animaux. Toutefois, avant que le programme d'éradication ait pu être lancé, il a fallu étudier le comportement et la répartition de la mouche tsé-tsé. La photographie montre deux membres de l'équipe du projet avec l'un des «pièges coniques» servant à capturer les mouches pour analyse.

